J. AUGUSTO COELHO

167

PRINCIPIOS

DE

PEDAGOGIA

TOMO III

S. PAULO
TEIXEIRA & IRMÃO—EDITORES
65, Rua de S. Bento, 65
1893

PRINCIPIOS

DE

PEDAGOGIA

J. AUGUSTO COELHO

PRINCIPIOS
DE
PEDAGOGIA

TOMO III

S. PAULO
TEIXEIRA & IRMÃO—EDITORES
65, Rua de S. Bento, 65
1893

PARTE III

EDUCAÇÃO INTELLECTUAL

(CONTINUAÇÃO)

LIVRO III

A INSTRUCÇÃO SECUNDARIA

(CONTINUAÇÃO)

SECÇÃO II

APPLICAÇÃO ESPECIAL DO ABSTRACTO AO CONCRETO

SUB-SECÇÃO I

MOVIMENTOS IDEAES E SUAS RELAÇÕES DE SUCCESSÃO

CAPITULO I

A PHORONOMIA

Os phenomenos phoronomicos e suas relações com os geometricos. — Materiaes do phenomeno phoronomico. — Movimentos, isolados e simultaneos, de pontos ou systemas theoricos de pontos. — Experiencias empyricas que servem de base ás noções racionaes da phoronomia geral: lei da coexistencia e independencia de movimentos. — Ordem a seguir na apresentação das noções phoronomicas: movimentos d'um ponto, isolados ou simultaneos; movimentos d'um systema de pontos, isolados ou simultaneos; movimentos relativos. — Conclusão.

352.° A operação fundamental que, no decorrer d'esta secção, nos cumpre realisar perante o alumno, consiste no seguinte: em estudar a composição dos phenomenos que se vão offerecendo á nossa contemplação, em determinar as suas causas productoras, e, finalmente, em instituir as relações de successão existentes entre as causas e os phenomenos, relações que, dados os methodos geraes, já conhecidos, de applicação do

abstracto ao concreto, receberão toda a consistencia analytica de que são susceptiveis e, portanto, esse alto gráu de positividade racional que é a base da verdadeira sciencia.

Ora, seguindo uma tal ordem de idéas, depois de havermos estudado na sua composição os phenomenos geometricos, cumpre-nos: analysar a composição d'essa ordem de coexistencias que, dada a sua complicação estructural, lhes estão immediatamente subordinadas, isto é, os phenomenos phoronomicos — objecto d'este capitulo; determinar os processos por via dos quaes as forças, tomadas em toda a sua generalidade abstracta, hãode representar-se em coexistencias geometricas; dados estes dous termos — assim reduzidos a coexistencias de extensão, definil-os pelo methodo de posição, instituir as relações de succcessão que entre elles podem existir, e, finalmente, reduzil-as ao rigor das relações analyticas pelos methodos de posição e composição, isto é, apresentar ao alumno o objecto da dynamica geral. Como é facil de vèr, reunem-se, na presente secção, dous grupos de noções fundamentaes: para um lado, apresenta-nos ella o phenomenal, com todos os seus caracteres de «coexistencia» concreta; para o outro, mostra-nos a subordinação do phenomenal ás suas causas, consubstanciada n'uma relação de «successão», que se funde nos moldes do rigor algebrico.

Deixando para o capitulo immediato o segundo ponto de vista que nos offerece esta interessante questão, passemos, no presente, a considerar o phenomeno phoronomico em toda a sua simplicidade e independencia concreta.

O movimento, considerado em toda a simplicidade abstracta, reduz-se a uma série de deslocações, effectuadas no espaço por uma coexistencia puramente ideal. No movimento, assim considerado, ha apenas como elementos componentes aspectos sob que se nos offerece a extensão tomada em toda a sua pureza; portanto, um tal objecto é do dominio da geometria synthetica: esta deve, com effeito, á similhança de todas as sciencias que se occupam de coexistencias concretas, considerar

as coexistencias ideaes, quer n'um dado momento da sua existencia, quer na série de variações effectivas por que são susceptiveis de passar. O aspecto que os phenomenos geometricos nos apresentam ao consideral-os sob este segundo ponto de vista, é, no fundo, identico ao que nos offerece o movimento ideal, tomado em toda a sua pureza geometrica; o movimento, tal como o considera a phoronomia, está-lhe, portanto, rigorosamente subordinado. O phenomeno phoronomico differe, porém, do movimento, tomado em toda a sua pureza geometrica, no seguinte: no movimento geometrico, o espirito humano considera apenas uma série de situações produzidas, no espaço, por uma coexistencia ideal que se desloca; no phenomeno phoronomico, considera por um lado essa série de situações e por outro uma série de movimentos constituindo a «duração», de maneira que, comparando entre si estas duas séries — que veem, a final, a resumir-se no que denominamos «uma extensão no espaço e uma duração no tempo», combina-as n'uma coexistencia ideal, independente e definida. O phenomeno phoronomico é, pois, mais concreto que o geometrico: n'este ha apenas a extensão em abstracto, n'aquelle ha a extensão combinada com o tempo; se n'este apenas ha a attender a situações ideaes destinadas a constituirem uma série de modos de ser da extensão, n'aquelle ha a considerar duas séries, tendo por base as duas noções mais fundamentaes da intelligencia humana — a extensão e o tempo. Reduzido o phenomeno phoronomico a esta simplicidade, vê-se claramente que é, como os geometricos, uma coexistencia concreta. A mais superficial analyse mostra, com effeito, que o movimento apresenta-se sempre ao espirito humano como se fôra uma associação de elementos que coexistem uns com os outros, constituindo um todo concreto. Assim, um movimento uniformemente variado é, ao considerar-se na sua totalidade, um conjuncto de abstractos componentes, taes como — o espaço percorrido e a porção d'esse espaço ao cabo de certo numero de segundos e o incremento que em cada unidade de tempo se produz na extensão percor-

rida que lhe é correlativa e o proprio movel, etc., etc. Pela mesma razão, o movimento curvilineo d'um movel com tres dimensões é, evidentemente, uma coexistencia concreta em que se associam elementos taes como — as trajectorias curvilineas descriptas pelos differentes pontos do systema movente; em cada uma d'ellas associam-se ainda as trajectorias parciaes dos movimentos componentes e infinitesimaes de que resulta para cada instante a porção infinitesima da curva descripta; em cada uma d'estas agrupam-se n'um todo as porções das trajectorias infinitesimaes componentes e a resultante, etc., etc. Se aos elementos coexistentes das trajectorias juntarmos os elementos do tempo que com ellas se combinam, teremos assim coexistencias complexas de abstractos, associações bem caracterisadas, phenomenos, em summa, em toda a sua realidade concreta.

353.° Reduzido á sua simplicidade philosophica o phenomeno phoronomico, cumpre indicar rapidamente os pontos de vista essenciaes sob que nos é dado consideral-o. Ora, sendo fundamental para o nosso espirito considerar os objectos subjeitos á sua analyse sob um d'estes dous pontos de vista oppostos — ou isolados ou comparados, claro é que os phenomenos que nos occupam deverão ser considerados, quer em si, quer nas suas relações de simultaneidade; isto é, os phenomenos phoronomicos deverão ser considerados «isolada» ou «simultaneamente». E, sendo certo por outro lado que o phenomeno phoronomico póde apresentar-se-nos, quer constituido por uma série de situações que no espaço occupa um ponto, quer por uma série de situações que no espaço occupa um systema de pontos, concluir-se-ha que, tomando cada uma d'estas ordens de movimentos para objecto de estudo, deveremos considerar, quer o movimento gerado por um ponto — isolada ou simultaneamente com outros, quer o movimento gerado por um systema de pontos — igualmente isolado ou simultaneo.

A phoronomia, tal como aqui a consideramos, vem assim a dividir-se em duas grandes secções: uma, occupar-se-ha dos movimentos gerados pela deslocação d'um ponto geometrico;

a outra, tratará dos movimentos gerados pelas deslocações dos systemas theoricos de pontos. Cada uma d'estas secções será naturalmente subdividida em duas partes essencialmente distinctas: uma, occupar-se-ha dos movimentos isolados d'um ponto ou d'um systema de pontos; a outra, tratará dos movimentos simultaneos de um ponto ou de um systema theorico de pontos. N'esta ultima deverão comprehender-se, é claro, os movimentos relativos, os quaes não passam, a final, de movimentos simultaneos — movimentos em que as deslocações de um ponto ou d'um systema de pontos se compõem com os movimentos do systema de referencia, que é uma verdadeira coexistencia de pontos.

Dada assim uma idéa da phoronomia e da sua composição geral, passemos a indicar rapidamente a ordem pedagogica pela qual deverão ser presentes ao alumno d'instrucção secundaria as suas noções fundamentaes.

354.º Dado o caracter de harmonia e unidade que, segundo a nossa concepção pedagogica, deve existir em todo o vasto conjuncto da instrucção secundaria, dado o espirito de solidariedade philosophica que deverá constituir, parece-nos, a base fundamental d'esse ensino encyclopedico, destinado — não a ser apenas um elemento preparatorio que ábra as portas aos altos estudos, mas a ter vida propria e uma autonomia independente e uma composição coherente e racional e perfeita, a phoronomia apresenta-se-nos, evidentemente, como um elemento fundamental d'este grande organismo pedagogico; não é possivel comprehender, com effeito, os phenomenos da physica nem perscrutar os da dynamica celeste ou da astronomia, sem elevar o espirito até ás relações da dynamica geral; não é possivel comprehender o objecto d'estas sciencias, sem contemplar os phenomenos phoronomicos em toda a sua abstracção e pureza. A phoronomia é, pois, um elo fundamental e indispensavel na longa cadeia do nosso saber integral.

Passando a considerar a sua apresentação pedagogica, claro é que a primeira cousa a caracterisar deverão ser as experien-

cias empyricas que irão servir de base, primitiva e irreductivel, ao grande edificio phoronomico. As noções que constituem as sciencias fundamentaes, derivam sempre, como é sabido, d'um pequeno numero de experiencias primordiaes. Uma vez instituidas pela inducção, baseando-se na observação empyrica da natureza, o espirito humano toma-as em mão, e, armando-se com esse poderoso instrumento a que chamamos «deducção», vae lentamente derivando d'ellas essa longa série de noções que, no seu conjuncto geral, constituem uma dada sciencia. A geometria synthetica, sob este ponto de vista, já nos offereceu um brilhantissimo exemplo, sendo, como é, uma sciencia para a qual já chegou essa alta e definida coherencia que só é possivel encontrar-se n'uma systematisação de noções, bem coordenada e precisa.

Pelo seu lado, a phoronomia offerece-nos o empyrismo como base essencial da sua composição racional.

Pois que os movimentos hãode considerar-se—isolada ou simultaneamente, claro é que será no mundo empyrico que deveremos ir beber as noções primitivas em que deverão basear-se posteriormente as noções derivadas, relativas a cada um d'aquelles dous pontos de vista fundamentaes. As experiencias empyricas, destinadas a terem por objecto os movimentos isolados, póde dizer-se que são de todos os dias. Um objecto que cahe, uma bola de bilhar que se move sobre o taboleiro, um corpo qualquer que se desloca d'um logar para outro, podem servir de exemplo. Embora, se formos a profundar, estes movimentos não sejam rigorosamente isolados, é certo que, n'uma primeira experiencia, como taes se nos apresentam. Ora, basta que o espirito tome para base as experiencias empyricas que assim lhe offerece a natureza, basta que decomponha os movimentos a que se referem, nos seus elementos componentes, para se elevar até á concepção dos movimentos ideaes que a phoronomia considera e á organisação das noções geraes que lhes dizem respeito. Em summa, o movimento d'um ponto ou mesmo d'um systema theorico de pontos não é mais do que uma abstracção do concreto

que a natureza nos apresenta, e as noções que a seu respeito organisamos não são mais do que uma derivação racional das que empyricamente nos apresenta o conjuncto geral do mundo que nos cerca.

As noções que, por seu turno, teem por objecto os movimentos simultaneos, hãode fatalmente ter a sua raiz nas experiencias empyricas que, por observação e inducção, organisarmos. Ora, contemplando o mundo das coexistencias reaes, observando as differentes maneiras como coexistem muitos movimentos que simultaneamente se effectuam na natureza, apanhando as similaridades e differenças que apresentam e elevando-nos, por inducção, até ás experiencias empyricas que a tal respeito é possivel organisar, parece-nos que poderá apresentar-se ao alumno como relação experimental de coexistencia, destinada a servir de base á phoronomia abstracta dos movimentos simultaneos, a seguinte: «*Dada uma associação de corpos que se movem e dados movimentos particulares a cada um d'esses corpos e dado um movimento commum a todos — o movimento commum* COEXISTE, *sem os alterar, com os movimentos particulares*».

Primeiramente, ha aqui, como é facil vêr, uma relação de coexistencia, pois que sob este ponto de vista se consideram os corpos que consideramos associando-se n'um systema geral; depois, n'uma tal coexistencia, ha a simultaneidade, bem caracterisada, dos movimentos, particulares ou commum, dos corpos que compõem a coexistencia; depois, o principio que tudo isto consubstancia deve olhar-se como sendo para o espirito humano um facto de experiencia, primordial e irreductivel, de que derivarão por deducção novas noções, mas que, de per si, deriva apenas das nossas observações primitivas; por ultimo, uma tal coexistencia é genuinamente phoronomica, isto é, caracterisa apenas as relações empyricas que a observação nos apresenta entre os elementos d'um phenomeno de movimento, sem as mesclar com quaesquer noções estranhas, como o seriam, por exemplo, as que se referissem ás suas causas dynamicas.

Este interessante principio parece ter sido apresentado,

*

pela primeira vez e sob o seu aspecto phoronomico, por Galileu, embora Huyghens lhe désse, mais tarde, toda a clareza e nitidez. Que é puramente experimental, não só o diz a boa razão, mas até as applicações que d'elle fazia o grande creador da phoronomia, descobrindo-o, como se sabe, ao contemplar os movimentos empyricos devidos á gravidade, quando vem a actuar n'um movel já animado d'um movimento uniforme.

Dado como base das noções phoronomicas este grande principio experimental, claro é que d'elle se hãode derivar, por deducção, todas as nossas concepções abstractas ácerca de movimentos simultaneos. A primeira que n'elle se integra é o grande principio em virtude do qual compomos duas velocidades, definindo-se a resultante, em grandeza e direcção, pela diagonal do parallelogramo que sobre ellas construimos; depois, sabendo-se que os movimentos curvilineos derivam na sua genese da noção que acabamos de indicar, as noções que os tomam por objecto apparecem-nos como vindo igualmente a fusionar-se n'aquella grande noção primordial; depois, ainda, sendo certo que os movimentos de systemas theoricos de pontos são compostos á custa dos anteriores, as noções que se lhes referem são, por seu turno, assimiladas n'aquella noção empyrica; por ultimo, os proprios movimentos relativos ficam subjeitos á mesma integração, vindo, em summa, o conjuncto geral da phoronomia abstracta a deduzir-se d'aquella grande experiencia fundamental. Assim, na phoronomia como na geometria synthetica, é licito vêr a mesma feição experimental nas noções que lhes servem de base, o mesmo espirito deductivo nos processos por via dos quaes ellas se desintegram em noções derivadas, o mesmo tom no conjuncto da sua physionomia geral.

355.° Constituida, assim, a base experimental em que fatalmente hãode assentar as noções que teem por objecto os phenomenos phoronomicos, cumpre-nos passar a indicar, d'uma maneira resumida, a ordem pedagogica em que deverão ir sendo apresentadas nos centros escolares d'instrucção secundaria.

Offerecidas ao alumno as experiencias empyricas que servem de base á concepção dos movimentos isolados, cumpre mostrar-lhe, como sendo mais simples, o caso do movimento d'um ponto, e, ainda n'este caso, o d'um movimento cuja trajectoria é rectilinea.

Primeiramente, escolher-se-ha d'entre os movimentos rectilineos o mais simples, isto é, o uniforme. Ora, pois que a combinação effectuada no intimo do phenomeno phoronomico, entre a grandeza que denominamos «tempo» e a que denominamos «movimento geometrico puro», se reduz essencialmente a «MEDIR o movimento geometrico puro por meio do tempo», a primeira noção a apresentar ao alumno é a d'esta medida — medida a que chamamos «velocidade». Como a extensão a medir póde offerecer-nos diversos aspectos, as velocidades podem ser igualmente diversas: velocidades lineares, velocidades aereolares, velocidades de arrastamento, etc. Aqui, consideramos só as lineares. A velocidade, no caso considerado ou n'outro qualquer, é sempre uma relação quantitativa, determinada entre os elementos coexistentes do phenomeno phoronomico. No caso mais geral, apresenta-se-nos como uma derivada da funcção do tempo; isto é, expressa pela relação differencial $V = \frac{ds}{dt}$; não será, porém, este o caso que convirá aqui apresentar ao alumno. Primeiramente, dar-se-lhe-hão noções sobre as relações quantitativas que ligam o espaço e o tempo no movimento rectilineo e uniforme; depois, dar-se-lhe-hão ácerca do movimento uniformemente variado e, por ultimo, considerar-se-ha resumidamente o movimento variado. Como é evidente, haverá, em relação a cada um, o cuidado de lhe dar noções precisas ácerca dos elementos que se lhes referem: e, assim, indicar-se-lhe-ha o que sejam velocidades, accelerações, espaços percorridos, etc. As formulas quantitativas que relacionam todos estes elementos coexistentes serão igualmente deduzidas; e, assim, o alumno tomará conhecimento da connexão analytica que exprime, no movimento uniformemente variado, os espaços e

as velocidades, ou as relações mais particulares que d'ahi se derivam.

356.° Depois do movimento rectilineo considerado isoladamente, veem os movimentos rectilineos considerados simultaneamente.

Tendo o alumno aprendido a representar as velocidades e accelerações por meio de vectores, a proposição que desde logo se nos apresenta é a que visa a compôr as velocidades de dous movimentos dados, definidos em grandeza e direcção. É, como se sabe, por meio do parallelogramo das velocidades que uma tal composição se realisa. O prurido metaphysico tem levado muitos geometras a darem ácerca d'esta proposição uma demonstração architectada com todo o luxo d'um raciocinio algebrico; ora, a boa razão mostra que, sendo ella uma proposição fundamental e primaria, só poderá derivar-se directamente da experiencia empyrica que constitue o primeiro elo d'esse longo encadeamento de noções, destinadas a comporem o nosso saber fundamental ácerca dos movimentos simultaneos. É facil, com effeito, reduzir á experiencia, empyrica e primitiva, a coexistencia phoronomica que se nos denuncia na composição de movimentos obtida por meio do parallelogramo das velocidades. N'este caso, o movel apresenta-se-nos animado de duas velocidades simultaneas: obedecendo a uma, seguirá ao longo d'uma certa recta que, em grandeza e direcção, representará uma das velocidades componentes; obedecendo á outra, essa mesma recta se deslocará parallelamente a si mesma; estes dous movimentos particulares virão, a final, a coexistir com o movimento commum ao movel e á recta, movimento de que resulta a diagonal do parallelogramo construido sobre as velocidades componentes, destinada, assim, a representar, em grandeza e direcção, a velocidade resultante. Como se vê, a composição de dous movimentos simultaneos por meio do parallelogramo das velocidades, é um corollario que deriva do principio empyrico da coexistencia e independencia de movimentos, devido, como an-

teriormente dissemos, ao fundador da phoronomia — o illustre Galileu.

Desde que o alumno sabe compôr, por meio do parallelogramo, duas velocidades n'uma resultante, saberá facilmente compôr, quando estejam no mesmo plano, tres ou quatro ou cinco, etc. É sabido como todos estes casos se reduzem ao primitivo. A composição de tres velocidades, duas n'um plano e uma n'outro, é igualmente facil; basta, como se sabe, construir, para o conseguir, a diagonal d'um parallelepipedo em que ellas figurem como arestas d'um dos angulos solidos. A fim do alumno se familiarisar com todas estas noções, será conveniente obrigal-o a repetidos exercicios, tendo por objecto não só a composição, mas a decomposição de velocidades nas suas componentes.

Depois das velocidades, veem as accelerações. A sua composição e decomposição estão subjeitas aos mesmos principios; não nos alongaremos, portanto, em considerações a seu respeito.

357.° A composição, por meio do parallelogramo, de duas ou mais velocidades n'uma resultante, leva-nos fatalmente dos movimentos rectilineos á geração dos movimentos curvilineos. Estes podem, com effeito, suppôr-se como um producto de muitos movimentos elementares, compondo-se n'um só. Assim, por exemplo, o movimento parabolico poderá ser considerado como uma integração final de movimentos infinitesimaes, resultando cada um da associação de dous componentes — um uniforme e outro uniformemente variado. Archimedes já no seu tempo considerava a espiral como uma curva resultante de dous movimentos elementares, um circular e, portanto, curvilineo e o outro rectilineo. Foi até, generalisando considerações d'esta ordem, que Roberval chegou, primeiro que qualquer outro, a instituir um methodo, geral e altamente philosophico, para o traçado das tangentes ás curvas, tomando para base os movimentos simultaneos que, compostos n'um só, deveriam produzir, para cada momento, a direcção do movimento resultante. Em

summa, sendo o movimento curvilineo um producto final de outros movimentos rectilineos ou curvilineos, é evidente que póde sempre considerar-se como uma synthese de movimentos elementares, reductiveis, em ultima analyse, a movimentos rectilineos infinitesimaes. Á apresentação das composições e decomposições de velocidades ou accelerações deve, portanto, pedagogicamente seguir-se a apresentação dos movimentos curvilineos, radicados, como se vê, n'aquella ordem de considerações.

O numero de movimentos curvilineos é verdadeiramente illimitado. Só serão, portanto, apresentados ao alumno aquelles que tiverem relação mais directa com o objecto geral da instrucção secundaria. Ora, como esta se propõe offerecer-lhe a noção scientifica da dynamica e estructura do mundo, claro é que só lhe deverão ser apresentados os movimentos curvilineos que mais directamente se relacionam com aquelle grande problema pedagogico. O movimento circular, o elliptico e ainda o parabolico serão, portanto, rapidamente caracterisados nos seus elementos essenciaes, visto prepararem o caminho para a futura comprehensão dos phenomenos da phoronomia celeste. No movimento elliptico não deverá esquecer o caso em que o movel é visto do fóco da ellipse e a elle se liga por um determinado raio; e, n'este caso, convirá igualmente caracterisar as differentes especies de velocidades que se produzem, taes como — a linear e a de resvalamento e a angular e a de circulação e a aereolar, etc. Ainda no caso do movimento elliptico convirá fazer notar ao alumno propriedades como estas: a uniformidade e constancia da velocidade aereolar; a relação inversa em que está para com a distancia que se vae produzindo entre o ponto movel e o fóco da curva; a velocidade angular do raio vector; a relação inversa em que está para com essa distancia a velocidade de circulação; etc., etc. A concepção nitida de todas estas propriedades dará ao alumno uma excellente base pedagogica, para mais tarde abarcar facilmente, na dynamica da natureza, o movimento kepleriano.

358.º Tendo chegado a este ponto, a fim de preparar base solida para noções futuras, cumpre que se realise, desde já, a apresentação de uma importante classificação de movimentos, classificação que tem por fim agrupal-os sob duas rubricas fundamentaes. Convirá, com effeito, dividil-os: em «centraes» e «oscillatorios». Dos movimentos centraes tem o alumno um excellente exemplo no movimento elliptico, no caso em que especialmente o caracterisamos; os movimentos oscillatorios são um caso particular dos movimentos periodicos. Dá-se um movimento periodico quando o movel, passado certo periodo de tempo, volta a occupar uma posição anterior. São uniformes estes movimentos para tempos multiplos do intervallo denominado «periodo». Os movimentos periodicos serão revolucivos, quando o movel retomar a posição primitiva sem a velocidade mudar de sentido; serão oscillatorios, quando a velocidade mudar de sentido. Entre os movimentos planetarios, por exemplo, ha os revolucivos e oscillatorios; são revolucivos e ao mesmo tempo centraes, os movimentos que se realisam em torno do astro central; será oscillatorio um movimento como aquelle de que depende a obliquidade da ecliptica. São oscillatorios os movimentos do pendulo e essa outra ordem de movimentos moleculares, destinados a constituirem essa grande construcção phoronomica que serve ao espirito humano para explicar os phenomenos da luz, do calor, do som. Ora, d'estes exemplos deduz-se quanto importa ao espirito da instrucção secundaria caracterisar, em toda a sua abstracção e pureza, tão importantes phenomenos phoronomicos.

359.º Depois da apresentação das noções phoronomicas que teem por objecto o movimento, isolado ou simultaneo, d'um ponto material, segue-se considerar os movimentos gerados por um systema de pontos. Pondo de parte o caso em que o systema movente seja uma coexistencia linear ou superficial, para o fim que se propõe a instrucção secundaria bastará considerar as coexistencias volumetricas e, entre estas, naturalmente aquellas que se nos apresentam como um systema solido.

Tratando-se d'uma sciencia puramente abstracta como é a phoronomia, os solidos serão naturalmente considerados como «theoricos», isto é, como verdadeiras coexistencias ideaes caracterisadas por tres dimensões.

Ao considerar-se a phoronomia dos solidos, ha fatalmente a olhar os seus movimentos sob os anteriores pontos de vista; isto é, como isolados e como simultaneos.

Passando a considerar os movimentos isolados d'um solido, ha, primeiro que tudo, a apresentar ao alumno os dous movimentos elementares e fundamentaes que o solido realisa: o de translação e o de rotação. Suppondo invariavel o systema de pontos, a sua translação será definida pela que tres d'elles effectuarem, pois que gerarão outras tantas trajectorias nitidamente caracterisadas. Em tal caso, as velocidades contemporaneas serão equipollentes, vindo assim um unico elemento geometrico a representar a velocidade geral de todos os pontos do systema solido.

Depois do movimento de translação, ha a considerar o de rotação, isto é, aquelle em que as trajectorias dos pontos são circumferencias de circulos, perpendiculares a uma certa recta que passa pelos centros d'esses circulos. A recta é o eixo de rotação; a velocidade angular dos differentes pontos é para todos commum; a velocidade linear é proporcional á distancia de cada ponto do systema ao ponto destinado a servir de centro á circumferencia descripta por um tal ponto. Se, dado um sector, a sua linha de acção tiver a posição e direcção do eixo de rotação, se o seu sentido fôr o do movimento rotatorio, se, finalmente, a sua grandeza representar a de velocidade angular, definirá com rigor uma determinada rotação; ora, sabendo-se, por outro lado, representar as velocidades e accelerações nos movimentos de translação e rotação, estar-se-ha habilitado para os considerar como «simultaneos», compondo-os entre si ou decompondo-os nos seus elementos componentes.

360.° A composição de translações de solidos com translações de solidos, de rotações com rotações e de translações

com rotações segue-se, portanto, desde agora como objecto de ensino. Em verdade, tendo de nos restringir dentro do circulo que traça em redor de nós o objecto da instrucção secundaria, serão mais ligeiras as noções a dar ao alumno sobre esta parte, tão interessante, da phoronomia; convem, entretanto, que, a fim de completar no seu espirito a concepção philosophica da sciencia dos movimentos, algumas noções geraes lhe sejam dadas em relação ao objecto que nos occupa.

Partindo d'este modo de vêr, é sabido que as rotações podem effectuar-se em torno de eixos parallelos e complanos, em torno de eixos convergentes e complanos e, finalmente, em torno de eixos não complanos. Se duas rotações complanas se effectuarem no mesmo sentido e em torno de eixos parallelos, compor-se-hão as suas velocidades n'uma velocidade resultante, effectuando-se o movimento composto em torno d'um eixo parallelo aos anteriores e dividindo a distancia entre elles em segmentos inversamente proporcionaes ás velocidades angulares das rotações componentes; se as rotações se operarem em sentido differente, a velocidade resultante será igual á differença entre as componentes, o sentido será o da maior e o eixo resultante será collocado por tal fórma que os segmentos serão subtractivos e inversamente proporcionaes ás velocidades angulares; nas rotações convergentes, a velocidade resultante é representada pela resultante geometrica dos sectores angulares, calculada pela regra já conhecida.

Consideradas, em separado, as rotações e translações, ha ainda a compôr rotações com translações. As combinações que assim podem effectuar-se veem, a final, a reduzir-se a uma unica combinação geral: consiste ella em associar uma rotação e uma translação parallela ao eixo de rotação, constituindo-se, assim, n'uma coexistencia bem definida, um verdadeiro movimento helicoidal, similhante, pouco mais ou menos, ao que realisa um parafuso penetrando na sua porca. A passagem do systema solido, ao deslocar-se d'uma situação para outra, opera-se por meio d'uma translação seguida d'uma rotação; com-

binando rotação e translação quando esta seja parallela ao eixo de rotação, os pontos do solido, nas suas posições successivas e continuas descreverão arcos de helices e gerarão, assim, um movimento helicoidal em torno do eixo — um verdadeiro movimento de rotação e resvalamento; suppondo no espaço uma superficie regrada, destinada a ser o logar geometrico dos eixos de rotação do solido — variaveis a cada instante, o movimento mais geral do solido virá a ser uma associação em que se combinam o rolamento e o resvalamento d'uma superficie regrada sobre outra ao longo da geratriz de contacto: em summa, os movimentos virão, a final, a reduzir-se, na natureza ou fóra d'ella, a um rolamento geral, o que constitue uma bella e larga generalisação phoronomica. Tal é, em ultima analyse, a maneira geral de considerar os phenomenos phoronomicos.

361.° Os movimentos são, como sabemos, coexistencias no espaço; ora, toda a coexistencia no espaço póde considerar-se em relação a uma outra coexistencia, real ou ideal. Suppondo ideal a coexistencia a que se refere a posição d'um dado movimento tomado em toda a sua complexidade concreta, póde ella ser «fixa» ou «movel»: se é fixa, o movimento será absoluto; se é movel, será relativo. São absolutos os movimentos de que até aqui nos havemos occupado. Passando agora a dar ao alumno uma noção dos movimentos relativos, salta immediatamente aos olhos que os podemos reduzir a constituirem um caso particular dos movimentos simultaneos — caso particular em que o proprio systema de referencia será um dos moveis a combinar.

Naturalmente, ha dous casos a considerar: aquelle em que o movimento é gerado por um ponto; aquelle em que é gerado por um systema de pontos. No primeiro caso, ha a considerar o movimento do ponto, o movimento do systema de referencia e um novo systema fixo em relação ao qual aquelle se desloca e a composição dos movimentos simultaneos terá de se operar, entre o movimento d'um ponto e o d'um systema de pontos em relação a um systema fixo; no segundo caso, haverá a conside-

rar o movimento d'um systema de pontos e o movimento, em relação a um systema fixo, d'um outro systema — o de referencia, e a composição dos movimentos simultaneos terá, assim, de se operar entre os movimentos de dous systemas de pontos em relação a um systema fixo.

Passando a considerar o primeiro caso, isto é, o movimento *relativo* d'um ponto, o mais simples de todos é aquelle em que o ponto se move em relação a um systema de referencia, o qual, por sua vez, se move em relação a um systema que suppozemos fixo. Em tal caso, é claro que a velocidade do ponto em relação ao systema fixo será uma resultante de duas velocidades; uma, a do ponto em relação ao systema movel; outra, a do systema movel produzindo-se no movimento que lhe é proprio. Chamando «absoluta» a velocidade resultante, «relativa» a velocidade do ponto em relação ao systema movel e «de arrastamento» a do systema de referencia, pelas leis da composição das velocidades — claramente applicaveis ao caso presente — facilmente se deduziria que a velocidade absoluta será igual á somma das outras como componentes. Se o systema que consideramos fixo fôr por seu turno movel, a velocidade acima indicada não seria então a absoluta; compôr-se-hia, porém, a fim de a produzir, considerando-a em relação a um novo systema fixo de referencia.

A lei que, no movimento relativo, domina a composição das velocidades relativa e de arrastamento a fim de se produzir a velocidade absoluta, é ainda applicavel ao caso das accelerações, vindo, assim, a acceleração absoluta d'um ponto a ser uma resultante da acceleração relativa e da acceleração de arrastamento que caracterisa o movimento do systema movel. N'este caso, ha, porém, a considerar ainda a natureza da acceleração de arrastamento; dado o nosso fim geral, não nos occuparemos, porém, d'esses novos pontos de vista da questão.

Depois do movimento relativo d'um ponto, vem o movimento relativo d'um systema theorico de pontos; isto é, o d'uma coexistencia ideal em relação a outra coexistencia ideal, tomada

como systema de referencia. Os principios geraes, applicaveis ao movimento relativo d'um ponto, são-no ainda ao caso presente. Suppondo a hypothese mais simples, isto é, aquella em que um systema invariavel de pontos se move em relação a um systema de referencia, o qual, por seu turno, se desloca em relação a um systema fixo, teremos, como anteriormente, a considerar tres movimentos: o movimento relativo do solido em relação ao systema movel; o movimento de arrastamento do systema movel de referencia; e, finalmente, o movimento absoluto do solido, destinado a ser composto á custa dos anteriores. Como é facil de vêr, este caso funde-se no caso anterior, e, portanto, todos elles no caso geral dos movimentos simultaneos.

Tal é, muito resumidamente, a maneira de conceber os movimentos relativos e de os reduzir ao grupo mais geral — o dos movimentos simultaneos.

362.° Com isto terminaremos as considerações que entendemos dever fazer ácerca dos phenomenos phoronomicos. Quer sob o ponto de vista do objecto, quer sob o ponto de vista das noções que se lhes referem, quer sob o ponto de vista da composição geral, quer, finalmente, pelos processos ou pelos methodos, a phoronomia constitue um elemento fundamental na composição encyclopedica do nosso ensino médio. Uma vez admittido que este grande ramo d'instrucção tem existencia propria, uma composição geral sua, uma contextura caracteristica, a phoronomia hade entrar n'elle como elemento essencial, pois que sem a comprehensão do phenomeno phoronomico não é possivel abarcar, n'uma noção clara e nitida, o dynamismo da natureza. E depois, não se imagine que vae complicar a instrucção secundaria a introducção de tantas noções no seu seio. O que difficulta a marcha do alumno não é a multiplicidade de noções quando rigorosamente coordenadas, porque a facilidade em as assimilar hade reduzir-lhes a complexidade; o que lhe obstrue o caminho são os maus mestres, as organisações anarchicas de ensino, a composição, ainda mais anarchica, dos livros de texto. Facilitae a assimilação de noções pela coorde-

nação rigorosa da filiação e pela nitidez da exposição e o difficil será extremamente accessivel: a maior parte das vezes, não é a sciencia que é abstrusa; são os homens que, pela sua incapacidade pedagogica, a obscurecem e complicam.

Terminando, pois, as considerações pedagogicas que nos suggere a phoronomia, é ella representativa no objecto, racional na composição das idéas, deductiva no methodo, conceptual nos processos de apresentação escolar; nas suas relações com as outras sciencias, pois que é sciencia de phenomenos, está subordinada á geometria synthetica, subjeitando immediatamente a si a astronomia e vindo a apresentar-se-nos todas como grupos de noções que têem por objecto phenomenos, reaes ou ideaes. Assim, o alumno, descendo da geometria á phoronomia e da phoronomia á astronomia, percorre, na série das coexistencias phenomenaes, uma escala decrescente em abstracção e generalidade: das coexistencias ideaes no espaço, passa a coexistencias ideaes no espaço e no tempo; de coexistencias ideaes no espaço e no tempo, passa a coexistencias reaes no mundo cosmico — incontestavelmente as mais simples de quantas avultam, para o espirito humano, no mundo real.

CAPITULO II

A DYNAMICA GERAL

I

CONSIDERAÇÕES GERAES

Objecto da dynamica geral.—Seu caracter geral.—Composição geral da dynamica.—Subordinação da estatica á dynamica.—Limites a que deve circumscrever-se, na instrucção média, o ensino da dynamica geral.

363.º Os conhecimentos que, até ao momento presente, teem constituido o objecto das nossas resumidas analyses pedagogicas, referiram-se essencialmente a tres grupos fundamentaes de noções: por um lado, consideraram, em toda a sua independencia e pureza, as relações abstractas que constituem o objecto do calculo; por outro, occuparam-se dos phenomenos concretos—geometricos ou phoronomicos—a que taes relações se applicam; por ultimo, definiram, precisa e claramente, os processos geraes de que se serve o espirito humano para prender no nexo rigoroso das relações analyticas os elementos componentes do mundo concreto dos phenomenos. No momento actual, apparece-nos um vasto grupo de noções, destinado a caracterisar as «relações de successão» que ao espirito humano é possivel instituir entre um certo grupo de phenomenos phoronomicos e as forças productoras de que depende a sua genese effectiva e real; á systematisação unificada de taes noções daremos o nome de «dynamica geral».

Nas relações de successão — relações de que tantas vezes havemos fallado — ha evidentemente dous termos a considerar:

a) O phenomeno produzido, em geral um facto de movimento;

b) A causa productora, em geral uma resultante de forças.

Tomando o primeiro como consequente e o segundo como antecedente, o espirito humano esforça-se por determinar entre elles verdadeiras relações de successão, expressas n'essa ordem de connexões analyticas que é possivel instituir pelos methodos de composição e posição; o objecto da dynamica geral consistirá, pois, no seguinte:

a) Dá-se, como phenomeno concreto, o movimento d'uma certa massa theorica, caracterisado, a cada instante, por elementos taes como a trajectoria e a velocidade, etc.;

b) Determina-se, em grandeza e direcção, a resultante das forças que o produzem.

E em seguida:

a) Dá-se, em grandeza e direcção, a resultante das forças que produzem o movimento;

b) Determina-se, nos seus elementos caracteristicos, o movimento produzido.

Como é facil de vêr, o problema resolve-se instituindo entre os dous termos do problema relações analyticas tão precisas que, dado um, o outro se derive d'elle fatalmente.

O problema geral da dynamica tem para nós alta importancia pedagogica. É a primeira vez, com effeito, que ao espirito do alumno se apresentam, em toda a sua nudez, as verdadeiras «relações de successão». Até aqui havia apreciado, na sua alta abstracção, as relações puras do calculo; havia decomposto e recomposto phenomenos; havia, por meio de methodos geraes, consubstanciado phenomenos em relações analyticas: só agora, porém, é que, enriquecido com as noções anteriores, chegou o momento opportuno de poder contemplar, em toda a sua pureza, relações de successão, determinadas, caracterisadas e bem definidas. Ao espirito do leitor será mesmo d'alto pro-

veito a concepção da dynamica geral como aqui se define, porque terá occasião de verificar quanto é real e verdadeiro o agrupamento que fizemos das relações mentaes percebidas pelo espirito humano, quando as dividimos em — relações de coexistencia e relações de successão. Tendo na geometria synthetica considerado os seus objectos antes como coexistencias do que como successões, a dynamica geral offerece-lhe, pela primeira vez, a relação de successão em toda a nitidez e pureza.

364.º Como é facil de vêr e como em breve verificaremos, as relações de successão, destinadas a constituirem o objecto da dynamica geral, são essencialmente representativas, pois que se reduzem, a final, a grandes syntheses analyticas; na esphera subjectiva, são, por outro lado, largas associações logicas, comprehendendo na sua vasta amplitude numero indefinido de relações particulares, concretas e definidas. A grande synthese que fixa, por exemplo, a relação geral de successão entre um movimento theorico qualquer e as forças que o produzem é uma larga e ampla generalisação, comprehendendo no seu ambito um numero indefinido de relações particulares, capazes de fixar quantos movimentos particulares possam realisar-se dentro ou fóra da natureza.

Desde que as syntheses organisadas pela dynamica geral são connexões largas e amplas, abrangendo na sua amplitude muitas relações particulares, o methodo analytico-synthetico subjectivo, isto é, «a deducção», será o seu grande instrumento de organisação systematica, instrumento posto em acção pelo espirito humano, a fim de englobar nas mais geraes as relações mais particulares, fundindo n'uma grande unidade as noções que possue ácerca d'este grande objecto do nosso saber fundamental. Consideradas ainda por outro lado, as relações dynamicas offerecem-nos, como veremos, o espectaculo d'uma larga synthese objectiva: das mais abstractas desceremos para as que são mais concretas; d'estas, desceremos ainda para as que o são mais; e assim successivamente. Assim, pelo lado subjectivo como pelo lado objectivo, as relações dynamicas constitui-

rão uma longa cadeia decrescente: sob o ponto de vista subjectivo, o espirito irá descendo das mais geraes para as mais particulares, avançando n'uma particularidade crescente e generalidade decrescente; sob o ponto de vista objectivo, descerá das mais abstractas para as mais concretas, avançando igualmente em abstracção decrescente e complexidade crescente.

Taes são, n'uma primeira inspecção, os caracteres geraes que nos offerece o objecto d'esta grande sciencia de que em breve nos vamos mais particularmente occupar.

365.º Depois de havermos definido o objecto fundamental da dynamica, passemos a dar ao leitor uma idéa geral da sua composição.

Primeiramente, cumpre desde já estabelecer, d'uma maneira clara, que de duas ordens são os phenomenos destinados a entrarem, como segundo termo, nas relações dynamicas onde figuram como primeiro as forças productoras: estaticos e dynamicos. Os phenomenos de equilibrio constituem, com effeito, um vasto capitulo da sciencia que procura estabelecer relações de successão entre quaesquer factos de movimento; constituem um outro os phenomenos de movimento: dos primeiros occupa-se a estatica; dos segundos, a dynamica. Ora, avaliando, sob os pontos de vista philosophico e pedagogico, a divisão assim instituida, deverá ella subsistir?

Vejamos.

É evidente que um phenomeno de equilibrio é incontestavelmente menos geral do que um phenomeno de movimento, pois que no movimento ha para o movel uma série de deslocações sob o impulso de certas forças e no equilibrio toda a série se reduz a um só termo ou então as forças impulsoras presistem immodificaveis pela acção d'outras estranhas, o que tudo constitue um caso particular fatalmente subordinado ao caso geral. Ora, a ser assim, é evidente que as noções sobre phenomenos de equilibrio hãode, na constituição geral da sciencia, filiar-se, como factos particulares, n'essa porção de saber mais geral que tem por objecto os phenomenos do movimento, vindo, assim,

a estatica a fundir-se no ambito, mais largo e amplo, da dynamica. Para o conseguir, bastará, com effeito, fazer hypotheses particulares nas relações que o espirito institue entre os phenomenos do movimento em geral e as suas causas, a fim de que se transformem em relações de successão, aptas a definirem as que, como mais particulares, é possivel determinar em relação a esses phenomenos de equilibrio. Fundindo a estatica na dynamica, a sciencia que se occupa das relações de successão entre os movimentos e as suas causas geradoras receberá um alto gráu de unidade e systematisação philosophica, unidade que constitue a aspiração de todo o saber humano. Reduzir aos casos geraes os casos particulares, assimilar phenomenos n'outros de maior ambito, unificar relações n'outras mais largas, subir até essas noções supremas d'onde seja dado ao homem contemplar, n'um ponto de vista unico, largas séries de factos e relações particulares, tal é a ardente ambição do espirito scientifico, nas suas incessantes luctas pelos progressos do saber humano; ora, fundindo-se a estatica na dynamica, satisfaremos evidentemente a esta racional aspiração philosophica, o que deverá levar-nos á convicção de quanto deverá considerar-se como verdadeira uma tal operação.

Se consultarmos, em verdade, a historia do desenvolvimento effectivo da sciencia, nota-se, com effeito, que a estatica precedeu a dynamica, que já Archimedes, com as suas immortaes descobertas, havia lançado as bases da primeira, quando, muitos seculos depois, surgira Galileu, verdadeiro fundador da segunda; em face d'estes factos, pareceria, pois, que, conformando-nos com a nossa lei fundamental, a estatica deveria preceder a dynamica e não fundir-se com ella. Esta contradicção, mais especiosa que real, entre os principios por nós estabelecidos e as relações pedagogicas que julgamos deverem existir entre a estatica e a dynamica, é, porém, facil de destruir. Se a estatica apparece, com effeito, na evolução da sciencia muito primeiro do que a dynamica, se uma chega mesmo a colligir grande numero de factos antes da outra surgir nos horisontes do

saber humano, não é isso razão para, em face da nossa lei fundamental, a considerarmos — a ella, que é um grupo particular de noções — em plena independencia do grupo geral. Perante o espirito da nossa lei pedagogica, é essa até uma razão para que tal fusão se opére.

Para todas as sciencias humanas, o particular precedeu, em verdade, o geral, o concreto o abstracto; tendo, porém, attingido o periodo da sua constituição definitiva, o particular passa a encorporar-se no geral e o concreto a subordinar-se ao abstracto. Assim, na evolução scientifica da humanidade, ha dous periodos, largos e caracteristicos: no primeiro, os factos particulares descobrem-se, mas permanecem mais ou menos isolados e desconnexos; no segundo, descobertas pelo espirito humano as syntheses supremas que hãode englobal-os na sua vasta unidade, inicia-se esse trabalho de reducção e unificação systematisadora que funde factos particulares em syntheses geraes.

Segundo a nossa concepção pedagogica, a instrucção primaria corresponde ao periodo da desconnexão, em que os factos se accumulam mas não se organisam; a secundaria, áquelle em que a fusão dos factos se produz, as syntheses se organisam, a sciencia se constitue e define. Ora, a ser assim, mesmo em face da nossa lei pedagogica e até como consequencia que d'ella deriva, á instrucção primaria caberá o estudo rudimentar da estatica, considerando-a separada, visto ser para o alumno o periodo da constituição da sciencia; á secundaria corresponderá, por seu turno, a unificação systematica que tende a fundir, como um caso particular, a estatica na dynamica; depois, nos cursos superiores, onde o espirito de conjuncto e de coordenação philosophica deverá ser dominado pelo espirito de especialisação scientifica, pois que urge definir mais miudamente o phenomeno de equilibrio, a estatica deverá apparecer como um caso especial, novamente separado e independente da dynamica. Assim, a marcha effectiva do ensino dynamico atravessará tres grandes phases caracteristicas: no primeiro periodo — o da instrucção primaria, periodo d'uma especialisação rudimentar e

desconnexa, os factos de equilibrio virão isolados e independentes; no segundo—o da instrucção secundaria, os factos de equilibrio serão subordinados, n'uma grande unificação philosophica, aos factos, mais geraes, do movimento; n'um terceiro, finalmente—o da instrucção superior, destinado á especialisação e á profundeza, o espirito do alumno voltará a estudar, em separado, os dous grandes phenomenos que nos occupam.

366.º Definidas, assim, as relações em que, dada a nossa concepção geral do ensino secundario, a estatica deve estar em relação á dynamica, passemos a dar uma rapida noção da composição geral da dynamica e dos limites em que nos cumpre consideral-a.

Se o objecto da dynamica geral consiste em estabelecer relações de successão entre movimentos quaesquer gerados por massas theoricas e as forças que os produzem, claro é que poderá revestir tantos aspectos quantas as faces sob que podem apresentar-se ao espirito humano os dous termos entre os quaes as relações se instituem; ora, os movimentos podem ser variadissimos como o podem ser as forças productoras: a dynamica geral póde, assim, tomar uma grande e vasta extensão. Considerando, porém, como fim geral da instrucção secundaria a apresentação ao alumno d'essa grande noção scientifica que tem por objecto a dynamica e estructura do mundo, o problema da dynamica soffre, para nós, uma reducção consideravel; não teremos, em tal caso, de nos occupar, com effeito, de relações de successão entre forças quaesquer e movimentos quaesquer, mas haverá apenas necessidade de considerarmos aquelle grupo de noções dynamicas que irão, mais tarde, servir de base fundamental á concepção, clara e nitida, das relações effectivas e reaes entre as forças cosmicas e os movimentos, mais ou menos complicados, que se operam no seio da natureza. Por isso, apresentado o problema geral da dynamica, definidas as relações fundamentaes destinadas a ligarem entre si os movimentos mais simples com as suas forças productoras, desceremos á consideração d'esse grupo, mais particular, de relações que visam a pre-

parar o espirito do alumno para directamente as applicar aos factos da dynamica celeste, da physica das massas ponderaveis, da electrologia, etc. Assim, embora de caracter especial, o bello problema das áreas deverá entrar como elemento componente na composição geral, que, segundo a nossa concepção, terá de revestir a dynamica. As relações entre as forças e os movimentos oscillatorios por ellas produzidos deverão igualmente constituir uma preparação indispensavel, pois a movimentos oscillatorios se reduz um grande numero de factos, destinados a constituirem, na sua essencia, uma parte importante da dynamica da natureza. Em summa, não devendo perder-se de vista que a dynamica geral hade preparar o alumno para a comprehensão, clara e nitida, da dynamica do universo, pelas exigencias d'esta deverá sempre pautar-se o numero de noções que aquella hade offerecer á contemplação do alumno.

Limitada assim no seu objecto essencial, relançando, por outro lado, a vista sobre a sua composição geral, a dynamica terá naturalmente de se differenciar em tantos capitulos quantos os pontos de vista geraes a considerar nas relações que cumpre estabelecer entre os phenomenos e as suas forças geradoras; ora, pois que o movel gerador do movimento póde ser um ponto ou um systema de pontos, a dynamica dividir-se-ha fatalmente — em dynamica do ponto material e dynamica d'um systema de pontos. Considerando a dynamica do ponto material ou d'um systema de pontos, como estes podem mover-se livremente ou subjeitos a certas e determinadas ligações, os dous grandes capitulos da dynamica terão de considerar os dous casos assim caracterisados; isto é, occupar-se-hão, cada um de per si, quer das relações a instituir entre o movimento de um ponto — livre ou subjeito a ligações — e as suas forças productoras, quer das relações a fixar entre o movimento de um systema de pontos — livre ou subjeito a ligações — e as forças que igualmente o originam.

Livre ou subjeito a ligações, um ponto ou um systema de pontos pode mover-se em relação a um systema fixo ou em

relação a um systema movel: no primeiro caso, haverá a instituir as relações de successão destinadas a ligarem ás forças productoras os movimentos «absolutos»; no segundo, teremos de relacionar com essas forças os movimentos «relativos». Na dynamica do ponto material e na dos systemas de pontos haverá, pois, secções e subsecções parallelas a considerar, conforme os moveis se deslocarem, quer livres ou subjeitos a ligações, quer —n'um e outro caso—em relação a um systema de referencia, fixo ou movel.

Taes são as considerações geraes que nos parece dever fazer em relação á dynamica geral.

II

O PROBLEMA DA DYNAMICA GERAL

Experiencias empyricas fundamentaes. — Noção das forças. — Representação das forças. — Geometria das forças. — Relações de successão entre as forças geradoras e o movimento de um ponto livre e que se desloca em relação a um systema fixo. — Relações de successão entre as forças productoras e o movimento d'um ponto subjeito a ligações que se desloca em relação a um systema fixo. — Relações de successão entre as forças productoras e o movimento de um ponto que se desloca em relação a um systema movel. — Relações dynamicas que teem por objecto os movimentos centraes e oscillatorios d'um ponto. — Relações dynamicas tendo por objecto os movimentos de systemas theoricos de pontos.

367.° Como todas as sciencias, a dynamica é uma grande construcção racional, tendo a sua base no mundo real e empyrico da natureza. Ao apresentarmos ao alumno esta bella creação do espirito humano, cumpre, pois, offerecer, primeiro que tudo, á sua contemplação essas experiencias empyricas que, em numero bem limitado, hãode servir de noções supremas, d'onde por meio do poder do raciocinio deverá derivar o complexo geral das relações, destinadas a constituirem o objecto fundamental da dynamica.

É o que vamos fazer.

Quaesquer que sejam as experiencias empyricas, destinadas a servirem de base primordial á dynamica, todas ellas deverão consubstanciar em si o seguinte: serem a expressão de verda-

deiras relações primitivas de successão, instituidas, por meio de simples experiencias, entre certos modos de movimento e as forças productoras que lhes dão origem. É, com effeito, o que vamos vêr.

A mais geral e ao mesmo tempo a mais primitiva de todas as relações que o espirito humano póde estabelecer entre os dous termos — modos de movimento e causas geradoras, é incontestavelmente a seguinte: *Todo o movimento, pois que é uma série de mudanças, hade ter uma causa productora.* Este principio, fórma particular do principio logico mais geral—todo o effeito suppõe uma causa, é para o espirito humano uma verdadeira experiencia empyrica organisada, experiencia empyrica que elabora á custa de milhares de relações particulares e analogas, fundidas a cada passo por elle n'uma grande relação geral. Em virtude d'elle, collocada em face de qualquer phenomeno phoronomico, a razão humana é forçada a attribuir-lhe uma causa productora, causa que, embora desconhecida na sua natureza intima, póde, comtudo, objectivar-se-lhe de certo modo, traduzindo-a em elementos de espaço e de tempo e de materia e de movimento, elementos, como sabemos, presentaveis á consciencia.

O mesmo principio póde ainda receber a seguinte fórma: *O repouso ou movimento d'um movel não póde, de per si, modificar-se,* principio que, assim expresso, implica fatalmente a idéa d'uma causa capaz de modificar, na sua producção effectiva, o phenomeno estatico ou dynamico.

O movimento, rectilineo e uniforme, é para nós a fórma mais simples d'uma coexistencia phoronomica, apresentando-se ao espirito humano como um facto de movimento, cujos elementos essenciaes permanecem invariaveis, isto é, que não se «modificam»; ora, dado o principio anterior, como qualquer modificação na coexistencia phoronomica suppõe uma causa productora, desde que, n'um movimento, variavel durante certo tempo, a direcção e a trajectoria percorrida n'um segundo passam a constantes, a causa que operou as variações primitivas deixou fatalmente de exercer a sua acção alterante: designando

então pela palavra «força» a causa productora das modificações phoronomicas, um novo principio se fixará, apresentando-se-nos ao mesmo tempo como derivação dos anteriores e como uma nova experiencia empyrica e primordial. Póde formular-se assim : *Se, n'um dado momento, um movimento qualquer continúa a produzir-se como uniforme e em linha recta e na direcção da tangente á trajectoria precedentemente descripta — a resultante das forças que o produziram cessou n'esse momento a sua acção.* É esta, sob uma outra fórma, a denominada «lei da inercia», devida ao immortal Kepler. N'ella ha, com effeito, os dous termos de uma verdadeira successão: como concreto, o elemento phoronomico, representado pelas modificações que no seu modo de ser o movimento recebe; como abstracto, o elemento «força», a cujas modificações essenciaes hãode «succeder» as que, na sua composição, o movimento manifestar.

Assim como na phoronomia se nos apresentou como fundamental o grande principio phoronomico da coexistencia e independencia de movimentos que se combinam, assim agora, ao relacionarmos movimentos em coexistencia com forças igualmente em coexistencia, as nossas experiencias terão de elaborar um principio parallelo, destinado a fixar, n'uma coexistencia de forças, a independencia das acções de cada uma a par da solidariedade da acção commum. Será elle o principio, essencialmente dynamico, a que poderemos denominar «principio de coexistencia e independencia das forças». Poderá formular-se assim : *Se, n'uma associação de corpos que se movem, movimentos particulares a cada um coexistem, sem se alterarem, com um movimento a todos commum — a acção da força que produz o movimento commum coexistirá, sem as alterar, com as forças que produzem os movimentos particulares.*

Como é facil de vêr, ha n'esta grande experiencia uma verdadeira relação fundamental de successão; como termo phoronomico, vemos n'ella o facto da coexistencia e independencia dos movimentos n'uma dada associação de moveis, coexistencia e independencia registradas, como sabemos, pela lição da expe-

riencia; como termo dynamico, ha a coexistencia e independencia das forças productoras. Dado o termo concreto, succeder-lhe-ha a existencia do abstracto; dado o abstracto, o concreto receberá toda a sua realidade effectiva.

Maximilien Marie attribue a Huyghens e não a Galileu o principio que, sob uma nova fórma, acabamos de formular; outros attribuem-no ao immortal fundador da phoronomia. Creio que, n'este ponto, tudo se póde conciliar, vendo no principio de que se trata uma dupla face; pelo lado phoronomico, isto é, tal como o formulamos na phoronomia, a sua concepção essencial pertence incontestavelmente a Galileu; pelo lado dynamico, isto é, tal como acabamos de o instituir, só Huyghens o podia fixar. Galileu, nas suas memoraveis descobertas, não se eleva, com effeito, acima das coexistencias phoronomicas, acima do concreto dos phenomenos; só Huyghens, surgindo muito mais tarde nos horisontes da vida scientifica, é que, aproveitando as descobertas do seu illustre predecessor, se ergue, clara e definitivamente, até á grande noção da causa dos phenomenos, até a idéa de força como agente productor. E nem póde mesmo dizer-se que uma tal noção se elaborasse, destacada e nitidamente, no cerebro d'este ou d'aquelle pensador. O proprio auctor do *Horologium oscillatorium* dá ao principio em questão uma fórma mais phoronomica do que dynamica; é certo, porém, que Galileu encara a noção que nos occupa só pelo lado phoronomico e não dynamico, e que Huyghens a fixa antes pelo lado dynamico que phoronomico. Seja como fôr, o principio da coexistencia e independencia de forças ou movimentos póde, pedagogicamente, receber uma fórma dupla; e, pois que o nosso alvo é principalmente a clareza no ensino, dupla hade ser a fórma que deverá receber ao offerecermol-o á consideração do alumno. Á phoronomia, o que é essencialmente phoronomico; á dynamica, o que é fatalmente dynamico.

Um ultimo principio, attribuido a Newton ao contemplar as acções e reacções mutuas que se produzem no mundo cosmico, virá, finalmente, completar o limitado numero de expe-

riencias fundamentaes, destinadas a constituirem a base empyrica da grande construcção racional a que denominamos «dynamica geral». Conhecido pelo nome de «principio da acção e da reacção», sob a sua fórma puramente concreta póde formular-se assim: *Todas as vezes que um facto de movimento se produz na natureza, ha, em alguma parte, um outro facto inverso do precedente que se produz ou tende, ao mesmo tempo, produzir-se.* Se, agora, do ponto de vista phoronomico nos elevarmos até ao dynamico, se da consideração dos movimentos, que são o facto concreto, subirmos até á consideração das forças productoras, que são a concepção abstracta, se, finalmente, instituirmos uma relação de successão entre o phenomeno e a causa productora, o principio da acção e da reacção poderá receber a fórma seguinte: *Se, a certa distancia um do outro, um ponto B se move sob a acção d'uma resultante de forças emanando d'um ponto A, o ponto A mover-se-ha sob a reacção, igual e na mesma direcção e em sentido contrario, d'uma resultante de forças emanando do ponto B.* Ha, aqui, como se vê, uma verdadeira relação que liga factos de natureza phoronomica e dynamica.

Taes são as grandes leis experimentaes que servirão de base fundamental á dynamica, em geral verdadeiras relações de successão entre um termo phoronomico e um termo dynamico, connexões empyricas que o espirito humano consegue formular, mercê de longas e repetidas experiencias.

368.° Constituidas as experiencias fundamentaes que vão servir de base á sciencia que nos occupa, segue-se apresentar ao alumno duas relações dynamicas de successão, relações por via das quaes poderemos elevar-nos facilmente até constituir no espirito do alumno uma tal ou qual noção do que seja esse termo das relações dynamicas que denominamos «forças». Ora, d'entre ellas, a relação mais simples, e, portanto, a primeira a apresentar ao alumno é a que faz succeder um «movimento rectilineo e uniforme» a uma força «instantanea». Esta relação de successão deduz-se immediatamente da experiencia empyrica organisada que denominamos «lei da inercia».

Uma outra connexão se deriva immediatamente do principio de coexistencia e independencia das forças productoras de movimentos; tem ella como fim estabelecer uma relação de successão entre os movimentos uniformemente variados e as forças que lhes dão origem.

Dado, com effeito, o principio experimental da coexistencia e independencia das forças, se o movimento é uniformemente variado e rectilineo, pois que, em cada unidade de tempo, vão coexistindo os elementos d'espaço percorridos nas unidades anteriores e a mais o incremento correspondente, a resultante das forças productoras, além de constante em direcção, será constituida por uma coexistencia de acções, que, accumulando-se, não se destroem — o que lhe dá evidentemente o caracter d'uma resultante constante em intensidade.

D'este principio, deriva-se immediatamente um outro, que deve ser considerado como fundamental. Comparando, com effeito, com uma tomada para termo de comparação muitas accelerações differentes, e comparando, por outro lado, com uma força tomada igualmente como termo de comparação as forças productoras correspondentes, se as accelerações se apresentarem como duas ou tres ou quatro vezes maiores, as forças que as produzem mostrar-se-nos-hão, por seu turno, duas ou tres ou quatro vezes maiores. Assim, estabelece-se, desde logo, uma verdadeira proporcionalidade entre as accelerações e as forças. D'aqui resulta immediatamente o poder affimar-se, embora imperfeitamente, que a força é igual á acceleração quando a massa é igual á unidade. Se, por outro lado, a porção de materia que constitue a massa se torna duas ou tres ou quatro vezes maior, naturalmente duplicará ou triplicará a resistencia que ella oppõe ao esforço necessario para a mover; e, então, esse esforço, isto é, a força que produz o movimento, virá a ser igual á acceleração tantas vezes maior quantas as unidades que houver no numero representativo da massa. Mais breve: a força será igual á acceleração multiplicada pela massa, ou

$$F = w \times m.$$

Esta relação, deduzida, como se acaba de vêr, do principio fundamental da coexistencia e independencia das forças, é extremamente notavel, pois que, por meio d'ella, do ponto de vista phoronomico póde o espirito do alumno erguer-se até á concepção da propria força que se produz. Analysada nos seus termos essenciaes, é uma verdadeira relação fundamental de successão entre dous termos: no termo expresso por $w \times m$, está representado, por via dos seus elementos, o phenomeno concreto do movimento; no termo F, está representada a força que o produz. Por outro lado, a força que até agora era para nós uma cousa vaga e intangivel, apparece-nos igual a uma «extensão», pois que outra cousa se não designa na expressão $w \times m$.

Ora, a ser assim, aproveitando a relação que temos presente para nos servir de traço de união entre o phenomeno phoronomico e a causa a que elle succede, podemos do phenomeno elevar-nos até á causa. Vaga e intangivel como até aqui a consideravamos, podemos dar-lhe uma primeira fórma, isto é, objectival-a em termos de «extensão», o que nos abre a porta á constituição, embora limitada, d'uma verdadeira geometria synthetica das forças. Representar, pois, forças por vectores, combinal-as entre si, reduzil-as a phenomenos geometricos, applicar-lhes o methodo de posição, tal é a série de noções que urge, desde já, apresentar ao alumno, preparando-o assim para poder abarcar facilmente o objecto, tão complexo, da dynamica geral.

369.° As forças, na sua essencia, são manifestações do incognoscivel, modos de ser do insondavel; deverão, pois, considerar-se, com toda a probabilidade, para sempre inaccessiveis ao espirito humano. Apesar de mysteriosas na sua natureza intima, offerecem-se-nos, comtudo, á consciencia sob uma fórma exterior, que é verdadeiramente geral. Como sabemos, as sensações musculares são estados de consciencia, que se produzem em nós como effeitos de impressões, effectuadas nos nossos orgãos pelas «resistencias» exteriores. Ora, a toda a impressão afferente que se traduz n'uma resistencia, póde corresponder, como reacção effe-

rente, um esforço para a vencer, esforço de que temos nitida consciencia. Os esforços por via dos quaes se vencem, assim, resistencias, equivalem aos que empregamos para modificar ou produzir movimentos; n'elles virão a consubstanciar-se, portanto, todas as nossas experiencias psychologicas que téem por objecto as causas de taes movimentos. Dada, por outro lado, a tendencia natural do espirito humano para assimilar a conhecidos factos desconhecidos, aos esforços que em nós se desenvolvem para vencer resistencias e, portanto, para produzir movimentos assimilaremos as energias exteriores; e, assim, quaesquer que sejam, todas as forças, interiores ou exteriores, se reduzirão psychologicamente para nós a «esforços» capazes de produzirem ou modificarem movimentos. As palavras «attracção» e «repulsão», palavras que nos servem para designar as energias mutuas a que, em relação um ao outro, obedecem dous corpos a distancia, revelam evidentemente a origem psychologica que acabamos de indicar.

Se, em geral, as forças se traduzem para nós como esforços, é evidente que, comparando com um dado esforço os esforços correspondentes a cada uma d'ellas, podemos tornal-as mensuraveis. Ora, considerando como esforço de unidade aquelle que desenvolvemos para resistir á attracção terrestre quando desloca para o centro da terra a massa d'um litro de agua destillada a 4º, considerando, por outro lado, que, dada a variabilidade inherente aos differentes esforços de que os homens são capazes, urge substituir á variabilidade a constancia e a uniformidade, podemos ao esforço humano substituir a deformação que, n'um corpo elastico e em differentes gráus produz a energia terrestre ao attrahir para si um litro de agua, suspenso n'um corpo elastico, como o é, por exemplo, a mola metallica do dynamometro. Em tal caso, ao esforço terrestre capaz de attrahir a si a massa liquida de que se trata corresponderá uma determinada deformação na haste metallica do instrumento; se a massa se tornar duas ou tres ou quatro vezes maior, o esforço será duas ou tres ou quatro vezes maior, duas ou tres

ou quatro vezes maior será o gráu de deformação operada no dynamometro e, portanto, o alongamento da haste metallica. Em summa, ás «intensidades» de esforços corresponderão «unidades de extensão»; o que são energias serão proporcionaes ao que são comprimentos; uma força poderá, finalmente, traduzir-se n'um comprimento.

Esta maneira engenhosa de reduzir as simples energias — de si tão indirectas e impalpaveis — a serem rigorosamente traduzidas em extensões deve ser apresentada, com toda a clareza, ao alumno, a fim de que adquira sobre tão importante relação uma noção perfeita.

Desde que as forças são representadas por linhas, temos um excellente meio de as fixar em todos os seus elementos componentes; e, assim, pelas direcções e sentidos e grandezas dos elementos geometricos podemos significar as direcções e sentidos e intensidade das forças. Pelas mesmas razões, podemos considerar as forças como actuando n'um ponto ou n'um systema de pontos. Se houverem de actuar n'um ponto e este se mover em relação a um systema fixo de referencia, cumpre apresentar ao alumno como se compõem n'um plano duas forças angulares ou tres ou mais; como se compõem duas forças angulares n'um plano e uma n'outro, etc. Estes processos de composição, analogos aos das velocidades e accelerações, podem derivar-se do principio empyrico da coexistencia e independencia das forças, como do seu congenere phoronomico se derivaram as que teem por objecto a composição e decomposição de velocidades. Se o ponto se desloca em relação a um systema movel de referencia, temos o caso d'uma composição de forças, d'entre as quaes uma será considerada como força de arrastamento. Se as forças que actuam no ponto produzem um phenomeno de equilibrio, á resultante de todas ellas terá de oppôr-se uma outra, igual e na mesma direcção, mas em sentido contrario; ora, sempre que tal facto se dér, as relações que podem imaginar-se entre as forças receberão uma fórma particular, vindo, assim, a estatica a comprehender-se na dynamica.

Depois das forças que actuam n'um ponto, veem as forças que actuam n'um systema de pontos, linear ou superficial ou volumetrico. E' aqui o momento pedagogico de apresentar ao alumno a noção de forças parallelas, a sua decomposição e recomposição, as associações de forças—angulares ou parallelas—quando actuam n'um systema solido, etc., etc.

Desde que as forças se consubstanciam em elementos geometricos, podem comparar-se com elementos da mesma natureza; ora, d'essa associação resultam duas combinações importantes: são os «trabalhos» das forças e os «momentos».

Os momentos são combinações de forças com distancias. Primeiramente, podemos considerar o momento d'uma força em relação a um ponto, isto é, o producto de duas grandezas lineares—a força e a distancia da força ao ponto. Desde que uma combinação, assim definida, é uma grandeza geometrica, póde combinar-se com grandezas da mesma natureza. O theorema fundamental, base de uma tal ordem de combinações, é devido, como sabemos, ao illustre Varignon. Por meio d'elle, associaremos n'um momento resultante muitos momentos componentes, ministrando ao alumno uma noção analoga á que adquirira em relação ás combinações de velocidades e forças e accelerações. Os momentos podem estar n'um plano, existir uns n'um plano e outros em plano differente. O momento, resultante de muitos outros, quando neutralisado, offerece-nos o caso de equilibrio; isto é, um modo de ser dynamico, que virá a exprimir-se algebricamente pela relação analytica

$$F \times d + F' \times d' + F'' \times d'' \ldots = 0$$

Depois do momento das forças em relação a um ponto, ha ainda a considerar os momentos em relação a uma linha e a um plano.

Apresentados os momentos, segue-se dar ao alumno uma noção clara, tendo por objecto o «trabalho» das forças.

A noção de trabalho é extremamente interessante. Sob o ponto de vista geometrico, é uma combinação entre a força e o caminho percorrido pelo movel; isto é, o producto de duas grandezas lineares, multiplicado ainda pelo coseno do angulo que formam entre si. Uma das fórmas que, por muito interessante, não deve esquecer será a que nos apresenta o trabalho como sendo igual ao producto d'uma força pela projecção do caminho percorrido sobre a direcção da força. As variações do coseno devem igualmente ser notadas; d'ahi derivam, como se sabe, as noções de trabalho motor e de trabalho resistente. Como do producto entre duas grandezas lineares deriva uma superficie, o trabalho póde geometricamente exprimir-se por meio de certas superficies: se a força é constante, teremos uma superficie bem definida; se é variavel, haverá a considerar elementos infinitesimaes do caminho percorrido a cada instante pelo movel.

Em tal caso, o trabalho elementar será o producto da força pelo elemento infinitesimal e pelo coseno das respectivas inclinações; o trabalho será a integral de taes productos.

Os trabalhos podem medir-se, comparando-os com outro trabalho que se tome como unidade; podem ser considerados como associando-se n'uma resultante; podem, combinando-se entre si, e tornando-se igual a zero a sua somma algebrica, exprimir um facto de equilibrio.

Dado o caracter especifico da nossa concepção pedagogica, depois de apresentadas ao alumno as noções geraes que acabamos de indicar e suppondo curvilineo o caminho percorrido, cumpre offerecer-lhe a noção que tem por objecto o trabalho elementar d'uma força emanando d'um ponto fixo, isto é, d'uma força « central ».

Tal é essa especie de geometria synthetica das forças que, a titulo de preparação prévia, deve apresentar-se ao alumno.

370. A par d'esta geometria synthetica das forças, virá uma especie de geometria analytica, muito limitada, visando a traduzir, pelo methodo de posição auxiliado pelo de composi-

ção, os phenomenos geometricos a que se reduziu a concepção abstracta das forças.

Primeiramente, será presente ao alumno a fórma sob a qual uma força deverá ser analyticamente representada, quando a consideramos em relação a tres eixos no espaço. Noção extremamente simples, para a constituir bastará considerar a grandeza geometrica da força, a sua inclinação sobre os eixos, e, finalmente, a projecção que, em relação a elles, a define. Como noção igualmente importante, virá, depois, a que tem por objecto a representação analytica quando ellas são «centraes». A expressão analytica d'um trabalho elementar, será:

$$dU = X\,dx + Y\,dy + Z\,dz.$$

A expressão do trabalho total ou funcção de força será:

$$U = \int (X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$$

N'ella, será X a derivada parcial da funcção U em relação ao eixo dos xx.

No caso das forças centraes, emanando de centros determinados, a sua resultante é attractiva ou repulsiva e depende, em intensidade, das distancias entre o ponto actuante e o ponto sobre que actua. Se, particularisando mais, as forças centraes, attractivas ou repulsivas, variam «na razão inversa do quadrado da distancia», então a funcção de força tomará o nome particular de «potencial», isto é, será «a funcção de força d'um agente que actua, por attracção ou repulsão e na razão inversa do quadrado da distancia, sobre a unidade do mesmo agente, concentrado n'um ponto. Se a materia agente se acha constituindo uma aggregação discontinua, o trabalho potencial virá expresso na relação analytica:

$$V = \frac{-\,e\,\Sigma q}{r}$$

Se a materia agente se acha dissociada, a ponto de constituir um todo que póde suppôr-se continuo, a relação analytica antecedente apresentar-se-ha sob a seguinte fórma:

$$V = \frac{-e\int dq}{r}$$

N'estas relações, sendo o ponto actuado igual a 1, *q* representará a quantidade do agente concentrado n'um dos pontos actuantes; *r*, designará a distancia entre o ponto actuante e o actuado; a força, attractiva ou repulsiva, será representada por $\frac{q}{r^2}$; *e* será, finalmente, o coeficiente, destinado a caracterisar a natureza do agente.

A concepção da funcção potencial é, para o nosso caso, altamente importante, dadas as suas applicações á dynamica celeste, á electrologia, a todos os ramos, em summa da dynamica do mundo onde haja a considerar trabalhos de forças variando na razão inversa do quadrado das distancias.

Taes são, em resumo, as noções que o nosso alumno deve adquirir antes de tentar resolver definitivamente o problema da dynamica geral.

371.º Como sabemos, consiste elle em instituir relações analyticas de successão entre dous termos, que são: o movimento; a resultante das forças que o produzem. Dado o movimento, derivar-se-ha d'elle a resultante das forças productoras; dada a resultante das forças productoras, *succeder-lhe-ha* o movimento que são destinadas a produzir. Ora, para que o espirito do alumno podésse elevar-se até instituir relações analyticas de tal ordem, cumpria: em primeiro logar, que se lhe fizessem conhecer as experiencias empyricas fundamentaes d'onde é possivel derivar as relações primordiaes da dynamica; depois, que o guiassem de modo a poder reduzir a coexistencias geometricas os dous termos das relações a instituir, isto é, quer o pheno-

meno phoronomico em si, quer as forças que lhe dão origem. Todas estas noções lhe foram, com effeito, clara e nitidamente apresentadas: ao começarmos a dynamica, travou conhecimento com as experiencias fundamentaes d'esta sciencia; na phoronomia, adquiriu noções precisas ácerca do phenomeno phoronomico; na geometria synthetica das forças, acaba de aprender a reduzil-as a termos de extensão e a combinal-as entre si ou com elementos d'outra ordem. Armado, por outro lado, com o conhecimento dos dous grandes methodos de applicação do abstracto ao concreto, o problema da dynamica geral apresentar-se-lhe-ha ao espirito, facil, nitido, perfeitamente claro e preciso. Passemos, portanto, a apresentar-lh'o.

O caso mais simples e, portanto, o primeiro a considerar é aquelle em que o alumno teve de estabelecer uma relação analytica de successão entre a resultante das forças productoras e o movimento d'um ponto livre, deslocando-se em relação a um systema fixo.

N'esta hypothese, ha ainda varios casos a considerar.

O primeiro, apresenta-se-nos quando o movimento do ponto é uniforme e rectilineo. Como vimos, a relação de successão a estabelecer não é mais do que a connexão consubstanciada na propria lei experimental de Kepler.

Um caso, mais complexo do que o anterior e que, portanto, deverá pedagogicamente seguir-se-lhe, será aquelle em que haja de se estabelecer a competente relação analytica para um movimento, rectilineo como o anterior, mas uniformemente variado. Deduzindo-se da grande lei experimental da independencia e coexistencia das forças o caracter de constancia na intensidade e direcção da força, considerando a trajectoria decomposta em elementos infinitamente pequenos, lançando, finalmente, mão do methodo infinitesimal de applicação do abstracto ao concreto, a acceleração do movimento será

$$\frac{dv}{dt}.$$

A força que o produz, será

$$F = m \frac{dv}{dt}.$$

Por meio d'um artificio, aliás bem simples, designando por *e* o espaço percorrido, a relação analytica de succesão entre o movimento rectilineo e uniformemente variado e a resultante das forças constantes, será

$$F = m \frac{d^2e}{dt^2}.$$

N'esta relação, conhecidos os elementos do movimento, facilmente se determinará a força productora; e, pelo contrario, dada a força, desceremos immediatamente do termo abstracto para o movimento, isto é, para o termo concreto que lhe succede. Bastará, com effeito, reduzir a relação de que se trata á fórma

$$e = \int_0^t \int_0^t \frac{F}{m} dt^2$$

e uma dupla integração nos dará o valor do espaço; como a velocidade será igualmente calculada com facilidade, seguir-se-ha que, determinados os dous elementos caracteristicos do movimento, este ficará immediatamente determinado.

Um caso immediatamente mais complicado será o do movimento rectilineo, mas variado; n'esse caso $\frac{F}{m}$ haverá de soffrer a influencia do signal da integração.

Depois d'estes casos particulares, cumpre guiar o alumno de modo que consiga estabelecer as relações analyticas de succesão entre um movimento qualquer e forças quaesquer. E' o caso mais geral, e as relações a instituir apresentam-se-nos

como largas syntheses logicas, comprehendendo no seu ambito indefinido numero de casos dynamicos particulares.

Para estabelecer uma tal synthese, dada a concepção que traduz as forças em termos geometricos e dada a concepção que traduz em termos geometricos os movimentos por ellas gerados, os dous methodos de applicação do abstracto ao concreto, combinados entre si, virão auxiliar-nos n'esta operação, recebendo aqui uma applicação especial e importante. Suppondo, com effeito, no espaço uma resultante de forças variaveis em grandeza e direcção e suppondo-a projectada em relação a um dado systema de referencia, exprimiremos, pelo methodo de posição, os elementos assim considerados, isto é, um dos termos da relação dynamica de successão; suppondo, por outro lado, o movimento do ponto e suppondo-lhe uma velocidade infinitesimal no espaço, considerada a sua projecção no systema de referencia, traduziremos tudo isto analyticamente, e, assim, obteremos o segundo termo da relação de successão: combinados, agora, estes dous termos e relacionados analyticamente n'uma equação, attingiremos, finalmente, a relação que pretendemos fixar.

Para isto, bastará, com effeito, começar por estabelecer uma relação prévia entre a força dada P e a massa multiplicada pela acceleração, isto é, instituir a relação

$$P = m \frac{du}{dt};$$

projectando, em seguida, o movimento do ponto e as forças productoras, a projecção da força será igual á massa multiplicada pelo quociente que se obtem dividindo a projecção da velocidade pelo tempo; passando, portanto, dos elementos primitivos para os projectados, teremos

$$P \cos \alpha = m \frac{d (u \cos. a)}{dt}$$

ou

$$X = m \frac{dv}{dt}$$

$$Y = m \frac{dp}{dt}$$

$$Z = m \frac{dq}{dt}$$

designando por v e p e q as componentes relativas ás projecções da velocidade em relação aos tres eixos de referencia.

Por meio d'uma transformação extremamente simples, as relações analyticas de succession estabelecidas entre o movimento o mais geral d'um ponto e as forças variaveis que o produzem, serão as seguintes:

$$X = m \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$Y = m \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$Z = m \frac{d^2z}{dt^2}$$

Taes são as relações analyticas que definem o movimento mais geral d'um ponto em relação ás forças productoras.

Se as analysarmos na sua composição, notar-se-ha, desde logo, que tudo n'ellas está talhado para se offerecerem ao nosso espirito como vastas e grandes syntheses subjectivas, capazes de abrangerem na sua larga noção os indefinidos casos particulares do movimento de pontos materiaes. As projecções sobre os eixos representam, com effeito, a indefinida variabilidade das forças, quer em grandeza, quer em direcção; por outro lado, a variabilidade dos elementos que caracterisam o pheno-

meno phoronomico está igualmente definida, bastando para isso notar que é infinitesimal a velocidade que o define: combinando, portanto, a variabilidade pela qual se caracterisa analyticamente o primeiro termo com a variabilidade que define o segundo, as relações analyticas entre elles estabelecidas assumirão esse alto caracter de generalidade que dá ás relações differenciaes do movimento o mais geral d'um ponto o aspecto de syntheses analyticas verdadeiramente largas e amplas.

Se, em harmonia com a nossa concepção pedagogica da dynamica, os factos de equilibrio hãode ser considerados como um caso particular do movimento, será elle traduzido pelas formulas anteriores, dando-lhes a fórma analytica seguinte:

$$X = 0$$
$$Y = 0$$
$$Z = 0$$

Um certo numero de forças, actuando sobre um ponto, darão origem a um facto de equilibrio, quando, neutralisandose mutuamente, a sua resultante não fôr alterar o estado dynamico do movel; ora, isto realisar-se-ha quando houverem de se annullar, em relação aos tres eixos, as projecções da resultante, pois que, em tal caso, a resultante será fatalmente nulla, isto é, não terá acção alguma sobre o movimento que se effectua; as formulas analyticas que derivaram das anteriores, introduzindo n'estas a hypothese de que as projecções eram nullas, exprimem, portanto, o phenomeno de equilibrio como devendo conter-se no phenomeno mais geral—o do movimento.

372.° Considerado o movimento d'um ponto livre, seguese tratar das relações de successão que prendem as suas causas geradoras ao movimento de um ponto, subjeito a ligações.

Em tal caso, o ponto apparece-nos movendo-se sobre uma superficie ou uma linha. Suppondo-o a mover-se sobre uma superficie e suppondo obliqua a força que o impelle, póde esta decompôr-se em duas: uma, normal á superficie a que está li-

gado o ponto no seu movimento, e, por isso mesmo, destruida pela resistencia que, igual e em sentido contrario, a superficie lhe oppõe; outra, tangencial e destinada a ser a unica que produza o movimento. Se nas formulas que definem as relações de successão entre as forças geradoras e o movimento mais geral d'um ponto introduzirmos a força indefinida de resistencia que a superficie origina, o ponto poderá considerar-se como se fôra livre, e, portanto, o seu movimento como devendo ser um caso particular a comprehender no caso geral.

Se, em vez de se mover ligado a uma superficie, o ponto se desloca sobre uma linha, terá de se introduzir igualmente nas formulas geraes a representação d'uma força indefinida de resistencia; mas, se o elemento linear que representava a direcção da força só uma unica nos podia apresentar, agora, comtanto que seja perpendicular á linha de ligação, poderá tomar indefinidas direcções. Quando as forças que produzem o movimento d'um ponto obrigado a ligações determinam um phenomeno de equilibrio, para o traduzir nas relações analyticas correspondentes basta introduzir n'ellas elementos que exprimam a neutralisação da resultante impulsora do ponto movente: se o ponto se desloca ligado a uma superficie, o equilibrio realisar-se-ha quando a resultante impulsora fôr normal á superficie; se o ponto se desloca ligado a uma linha, produzir-se-ha o mesmo phenomeno, quando, qualquer que seja a sua direcção, a resultante impulsora fôr perpendicular á curva.

373.° Até aqui havemos apresentado ao alumno o movimento de um ponto — livre ou subjeito a ligações, considerando-o como realisando-se em relação a um systema fixo de referencia; cumpre, porém, que passemos, agora, a apresentar-lh'o, quando o ponto se desloca em relação a um systema, o qual, por seu turno, igualmente se desloca. Se, ao considerarmos na phoronomia o movimento independente das suas causas, a essencia do problema que nos occupa consiste em compôr o movimento do ponto em relação aos eixos moveis com o movimento de arrastamento que elles realisam, agora, que o con-

sideramos em relação para com as forças productoras, tomando para base o movimento do ponto em relação ao systema movel e o d'arrastamento do systema de referencia, deveremos determinar, não um movimento composto, mas as forças que o produzem, elevando-nos, assim, do phenomeno ás suas causas geradoras; e, pelo contrario, se partirmos do conhecimento d'essas forças, reaes ou absolutas, e do movimento dos eixos ou forças que o produzem, deveremos determinar o movimento relativo do ponto. O problema, como é sabido, resolve-se por uma transformação de coordenadas, entrando em consideração com eixos fixos, eixos moveis, forças reaes, etc.

Taes são, para nos resumirmos, as considerações que julgamos dever fazer ácerca das relações dynamicas a estabelecer entre o movimento geral d'um ponto e as forças que o produzem.

374.° Adquiridas pelo alumno estas noções, seguir-se-ha offerecer-lhe outras não menos importantes, por isso que o prepararão, muito pedagogicamente, para a comprehensão, nitida e clara, da dynamica da natureza, objecto, conforme a nossa concepção pedagogica, dos seus esforços durante o longo e importante periodo do ensino médio. Os movimentos a que nos referimos são de duas ordens: centraes e oscillatorios. Dada a sua alta importancia na dynamica da natureza, será no caso mais abstracto e, portanto, mais simples que convirá estudal-os, isto é, quando um simples ponto material é a massa movente.

Occupemo-nos, primeiramente, das relações de successão entre os movimentos centraes e as forças productoras.

Pondo de parte quaesquer outras relações analyticas de successão que por ventura haja a estabelecer na hypothese dos movimentos centraes, entre o movimento d'um ponto e as forças que o produzem, apresentaremos unicamente ao nosso alumno as que, como mais importantes na dynamica da natureza, ligam a área descripta por um raio vector lançado entre o ponto movente e um ponto central com a resultante das forças que emanam d'esse ponto central, por isso mesmo denominadas

«forças centraes». Como sabemos, trata-se do celebre theorema das áreas, elemento de mui alta importancia na dynamica do mundo.

Como em todas as relações de successão, ha naturalmente aqui dous elementos — o abstracto e o phenomenal, o segundo dos quaes se succede ao primeiro. Para que possam ser pedagogicamente instituidas as relações de que se trata, cumpre, portanto, caracterisar perante o alumno estes dous elementos. É o que vamos fazer.

Para que ao nosso alumno seja possivel comprehender claramente a maneira como se institue a relação de que se trata, será talvez necessario lançar mão de processos empyricos de apresentação, auxiliando assim por meio d'elles uma apresentação pedagogica que, conceptualmente realisada, será para elle de muito difficil objectivação. Convirá, por isso, que o professor se sirva de figuras de cartão, taes como, por exemplo, as que se usam no desenho, a fim de que, contemplando-as, o alumno conceba, clara e nitidamente, a coexistencia geometrica destinada a associar em si os elementos que no theorema das áreas hade ser forçado a combinar. Posto isto, na questão de cuja apresentação pedagogica se trata ha dous termos a considerar: por um lado, o movimento curvilineo d'um ponto, o qual se desloca ligando-se constantemente por meio d'um raio vector a um ponto, fixo ou central; por outro lado, uma resultante de forças, que emana constantemente d'esse ponto central. Primeiramente, a relação a estabelecer sel-o-ha para o caso mais geral, isto é, para o movimento geral d'um ponto e para forças emanando d'um ponto qualquer. Em tal caso, supponham-se tres eixos no espaço e com a origem no ponto fixo; referindo-se a elles, supponham-se no espaço estes dous termos—uma curva que o ponto descreve e uma força que gera o movimento, tudo representado em elementos geometricos. Projectem-se sobre um plano, que póde ser o dos $x\ y$, os dous elementos: o phoronomico, isto é, a curva ou trajectoria do movimento; e o dynamico, isto é, a força que o produz. Como estamos considerando a hypo-

these mais geral, isto é, a d'um movimento qualquer obedecendo a forças quaesquer, dê-se á projecção da força um braço tirado perpendicularmente a ella desde a origem dos eixos; representando a projecção da força por Q e o braço por q, o momento será $Q \times q$, e este $Q \times q$ representará para nós o termo dynamico na relação que pretende estabelecer-se.

Consideremos, agora, o outro termo, isto é, o phoronomico.

Projecte-se no plano dos x y a curva que, no espaço, define a trajectoria do movimento; considere-se, n'este movimento projectado, o raio vector, tirado da origem dos eixos ou centro fixo, e existindo, portanto, no plano de projecção; considere-se, n'esse plano, a área descripta pelas differentes posições que um tal raio vae occupando, isto é, uma porção de superficie do plano de projecção, limitada pelas posições successivas de dous raios e pelo arco que elles interceptam na curva, destinada a representar a projecção da trajectoria que vimos o ponto descrever no espaço: representando essa área por y e o seu duplo por $2y$, considerando a sua differencial segunda ou $d^2 2y$, multiplicando tudo por m e dividindo por dt^2, teremos a expressão $m \frac{d^2 (2y)}{dt^2}$. Será este o segundo termo da relação, isto é, o phoronomico.

A relação entre os dous termos assim definidos virá, portanto, a ser

$$Q \times q = m \frac{d^2 (2y)}{dt^2};$$

isto é, «o momento de projecção da força em relação á origem das coordenadas será igual á massa multiplicada pela differencial segunda do duplo da área descripta, no plano de projecção, pelo raio vector, dividido tudo pelo quadrado d'um elemento infinitesimal do tempo». Para demonstrar a verdade d'uma tal relação, bastará tomar como ponto de partida as equações geraes do movimento ás quaes a relação actual se subordina; por meio d'uma pequena transformação que d'ellas deriva, bas-

tará estabelecer a formula $Yx - Xy = m\frac{(x\,dy - y\,dx)}{dt^2}$; por uma interpretação de simples caracter geometrico, bastará dar uma nova fórma á relação acima instituida, sendo facil estabelecer que $Yx - Xy = Qq$ e que $d(x\,dy - y\,dx)$ será igual a $d^2(2y)$: de todo este raciocinio resultará a verdade da relação analytica acima instituida.

A relação de que se trata foi formulada em toda a sua generalidade, isto é, para uma curva qualquer, n'uma posição qualquer e para forças emanando d'uma origem qualquer; se, partindo d'esta concepção geral, a quizermos reduzir ao caso particular das forças e movimentos centraes, isto é, ao caso dynamico da natureza, então cumpre restringil-a, modificando-lhe os elementos por via de hypotheses particulares. Pois que a relação em questão consta, como todas as relações dynamicas, de dous termos fundamentaes, um que exprime as condições do phenomeno phoronomico e outro a resultante das forças productoras, se modificarmos o termo que exprime analyticamente a força, isto é, $Q \times q$, produzir-se-ha no segundo uma modificação correspondente, exprimindo um novo modo de ser phoronomico; ora, suppondo $Q \times q = o$, sendo nullo o braço do momento, a força inflectiva emanará, desde logo, da origem das coordenadas ou centro fixo e, portanto, será central. E' este, como se vê, o caso que nos interessa.

Desde que se opére, no momento da força, a modificação anterior, dada a relação existente entre a causa e o effeito, succeder-se-hão no phenomeno phoronomico modificações correspondentes; a «natureza» da curva, a sua «posição» no espaço, o «valor das áreas descriptas», tudo será modificado. Por meio de raciocinios extremamente simples, será, com effeito, facil provar:

— Que a curva ficará sendo plana;

— Que o plano onde existe passará pela origem ou centro fixo;

— Que as áreas descriptas pelo raio vector, tirado d'esse ponto fixo, «conservar-se-hão» proporcionaes aos tempos.

Tal é, em toda a sua simplicidade, o caso particular que, como mais tarde veremos, se applica á dynamica, real e effectiva, da natureza.

375.º Depois das relações dynamicas que téem por objecto ligar entre si os movimentos centraes e as forças que os produzem, seguir-se-ha apresentar ao alumno essa outra ordem de relações que tem por fim estabelecer connexões entre as forças productoras e os movimentos «oscillatorios». N'este ponto, o que principalmente importa é caracterisar claramente um caso bem simples, a fim de, mais tarde, se conceberem nitidamente os casos concretos da natureza.

Para isso, supponha-se um ponto A movendo-se ao longo d'um arco de circulo *a m b*; seja *a* uma das extremidades do arco, *b* a outra e *m* o ponto médio. Movendo-se o ponto A de *a* até *b*, ao attingir *b* a velocidade mudará de sentido e o ponto mover-se-ha de novo de *b* para *a*; havendo o ponto attingido *a*, mudará de novo o sentido da velocidade e o ponto deslocar-se-ha de *a* para *b*. A esta coexistencia phoronomica, similhante á que o pendulo realisa na natureza, correspondem, como vamos vêr, forças impulsoras em determinadas condições. Supponho o ponto A em *a*, isto é, n'uma das extremidades do arco de circulo que o ponto hade descrever—á esquerda, por exemplo, do leitor, está elle ahi animado d'uma energia a que podemos chamar «potencial», pois que está como que em reserva para se reduzir a effectiva; como o arco de circulo, que é o caminho a descrever pelo movel, se póde considerar dividido em elementos infinitamente pequenos, a força que impelle o ponto movel ou força tangente ao arco e um primeiro elemento de caminho e o coseno do angulo de inclinação entre força e elemento, multiplicado tudo entre si, dar-nos-hão o trabalho motor e elementar que o ponto realisa ao percorrer cada um d'esses elementos; havendo para cada elemento de circulo uma parcella de trabalho elementar, a somma de todas essas parcellas, desde que o ponto partindo de *a* attinge *m*, isto é, a posição de equilibrio ou meio do arco, representará o trabalho motor total,

para vencer o qual houve de se consumir a energia potencial de que, na sua posição primitiva *a*, estava animado o movel: de tudo isto se conclue, portanto, que, se por um lado a energia potencial se transforma em trabalho motor ou energia actual, o ponto A vae-se por outro lado deslocando desde *a* até *m* e descrevendo, assim, metade do arco. Supponha-se, agora, o ponto A na sua posição de equilibrio *m*. Como evidentemente está prestes a ir descrever a segunda metade do arco, isto é, a porção que vae de *m* até *b*, a esta deslocação corresponderá, agora, um novo elemento, que impellirá o movel a realisal-a; será o trabalho motor que, não se aniquilando, irá empregar-se em vencer uma série de parcellas elementares de trabalhos correspondendo cada uma a um elemento da segunda parte do arco, série de trabalhos elementares que, agora, são resistentes e não motores. Tendo o movel attingido o ponto *b*, extremidade direita do arco, a velocidade muda de sentido, o trabalho actual transforma-se novamente em energia potencial, e os mesmos phenomenos ir-se-hão repetindo periodicamente. Assim se realisa, sob as forças impulsoras, o movimento oscillatorio do movel: na primeira metade do arco, a energia potencial transforma-se em energia actual ou trabalho motor; ao attingir o ponto a posição *m* d'equilibrio, a energia actual — transformada novamente em potencial — transforma-se, na segunda metade do arco, isto é, de *m* para *b*, em trabalho; ao chegar a *b*, transformado o trabalho novamente em energia potencial, impelle o movel a percorrer o mesmo cyclo de deslocações; e assim successivamente.

Taes são as considerações, geraes e resumidas, que nos parece dever fazer em relação aos movimentos oscillatorios e centraes.

376.º Temos até aqui considerado o movel como um ponto; segue-se, agora, consideral-o como um systema de pontos.

O caso mais geral e verdadeiramente abstracto é aquelle em que os pontos destinados a constituirem o systema movel estão ligados entre si apenas por «uma certa dependencia», in-

fluindo em qualquer ponto do systema toda a deslocação que em qualquer outro se produza. São estes os systemas verdadeiramente «theoricos», unicos que pertencem, em rigor, á dynamica geral.

Se por ventura se fizerem hypotheses particulares nas relações de dependencia existentes entre os pontos do systema, apparecer-nos-hão então systemas concretos ou reaes, dos quaes, nos seus ramos especiaes, se occupará a dynamica: quando a dependencia entre os pontos fôr caracterisada pela «invariabilidade» nas distancias, o systema será solido; quando a dependencia fôr uma «variabilidade em que os differentes pontos ou particulas do systema tendam a escorregar umas sobre as outras», o systema será liquido; quando, finalmente, a dependencia entre as particulas do systema fôr uma «variabilidade em que ellas tendam constantemente a affastar-se umas das outras», o systema será gazoso. A invariabilidade nas distancias manifesta-se aos sentidos pela constancia no volume e na fórma; a variabilidade, caracterisada pela tendencia ao escorregamento d'umas particulas sobre as outras, manifesta-se pela constancia no volume e variabilidade na fórma; a variabilidade, caracterisada pela tendencia ao affastamento d'umas particulas em relação ás outras, manifesta-se pela variabilidade no volume e na fórma: por isso, aquelles caracteres definirão empyricamente para nós os systemas solidos e os liquidos e os gazosos.

Tratando mais especialmente aqui dos systemas theoricos de pontos, cumpre, em relação a elles, apresentar ao alumno:

a) As noções que se referem ao movel em si;

b) As noções que teem por objecto as forças que o impellem;

c) As noções referentes ás relações analyticas a estabelecer entre as forças e o movimento de moveis assim considerados.

377.° O estudo do movel visa principalmente a considerar: por um lado, as ligações de dependencia que existem entre os pontos; por outro, algum d'esses pontos mais importante pelas propriedades que o caracterisem.

As ligações existentes entre as particulas do systema, ligações que, como mais importantes, convem principalmente considerar, são as que se produzem sob a acção das forças «interiores». Subjeitas á lei empyrica da acção e reacção, apparecem-nos quando d'uma particula emana uma acção dynamica que vae actuar a distancia sobre outra, recebendo d'ella uma reacção igual e na mesma direcção e em sentido contrario. Uma coexistencia de pontos, assim equilibrados, offerece-nos o typo de todas as coexistencias reaes da natureza, taes como — astros e mineraes e moleculas, etc. Em systemas assim, qualquer das forças destinada a solicitar um ponto, hade por tal fórma estar relacionada com as que solicitam os outros, que será modificada ao dar-se, nas outras, a mais insignificante alteração.

Entre os pontos que se associam para constituirem um systema ha, como mais importante a considerar, aquelle que impropriamente denominam «centro de gravidade». A sua theoria póde, como é sabido, deduzir-se dos principios geraes que teem por objecto os momentos das massas, os planos médios dos momentos, etc. A theoria funda-se n'este principio geral: «que a somma das massas d'um numero qualquer de pontos materiaes, multiplicada pela distancia do centro de gravidade do systema a um plano fixo, é igual á somma dos momentos dos differentes pontos em relação ao dito plano», isto é,

$$d \times \Sigma \mathrm{m} = \Sigma \mathrm{m}x;$$

como d é a distancia do centro de gravidade ao plano, virá

$$\mathrm{d} = \frac{\Sigma \mathrm{m}x}{\Sigma \mathrm{m}}$$

Considerando um systema material em que a materia esteja disseminada d'uma maneira continua, applicando-lhe o methodo de composição infinitesimal, suppondo, portanto, o systema decomposto n'uma infinidade de parallelepipedos rectangulos,

combinando esta concepção com a relação analytica anterior, teremos uma theoria dos centros de gravidade, theoria que os limites d'este livro não permittem expôr. Em todo o caso, n'este ponto, o professor não se esquecerá de guiar o alumno de modo que elle determine, mesmo geometricamente, centros de gravidade como, por exemplo, o do triangulo, o do parallelogramo, etc., etc.

378.º Estudado o movel, cumpre que o alumno passe a instituir as relações analyticas, por via das quaes a sciencia consegue ligar o movimento d'um systema de pontos ás forças que o produzem. Naturalmente, essas relações podem referir-se, quer ao movimento o mais geral do systema, quer a movimentos especiaes; no movimento geral, podem ter por objecto ligal-o ás forças productoras, quando o movel se deslocar como livre ou subjeito a ligações; e, em qualquer d'estes casos, consideral-o ainda, quando se effectuar em relação a um systema fixo ou movel. Limitar-nos-hemos a instituir as relações analyticas que é possivel estabelecer entre as forças productoras e o movimento qualquer d'um systema de pontos, livre e deslocando-se em relação a um systema fixo.

Como se sabe, é extremamente facil reduzir este caso a integrar-se no caso mais geral, isto é, n'aquelle em que o movel é um ponto. O processo consiste essencialmente no seguinte: em reduzir as forças interiores a serem representadas por uma resultante J; em reduzir as exteriores a serem-no por uma outra P; em considerar as duas resultantes como projectadas em relação a tres eixos rectangulares, constituindo o systema fixo de referencia; em suppôr que as duas resultantes J e P actuam sobre os pontos do systema: sendo X e L as projecções, entrando, nas formulas geraes do movimento, com essas projecções, teremos, para o eixo dos xx e para um só ponto,

$$X + \mathrm{L} = \mathrm{m}\frac{d^2x}{dt^2}$$

Se, agora, repetirmos a mesma relação para cada ponto do systema, se addicionarmos em relação a cada eixo as componentes respectivas, se notarmos, por outro lado, que, destruindo-se mutuamente as resultantes das forças interiores e annullando-se, portanto, as suas projecções, só as projecções das exteriores permanecem, as relações analyticas de successão para o caso d'um systema de pontos virão a ser:

$$\Sigma X = M \frac{d^2x}{dt^2}$$

$$\Sigma Y = M \frac{d^2y}{dt^2}$$

$$\Sigma Z = M \frac{d^2z}{dt^2}$$

O caso de equilibrio será expresso por

$$\Sigma X = 0 \qquad \Sigma Y = 0 \qquad \Sigma Z = 0$$

Como se vê, as relações assim estabelecidas não differem, na essencia, das que se applicaram ao caso d'um ponto material; todos os principios, portanto, que lá se estudavam, veem assim a applicar-se ao caso presente.

379.° Se dos systemas puramente theoricos houvermos de passar aos systemas solidos, unico caso que nos interessa, será conveniente considerar n'elles os dous movimentos fundamentaes que os caracterisam, isto é, o de translação e de rotação. Como nas formulas relativas ao movimento de um systema theorico de pontos não figura o elemento «invariabilidade nas distancias entre os pontos», as formulas acima deduzidas poderão ser applicaveis a este caso particular. Devendo, porém, considerar-se, em systemas d'esta ordem, os movimentos de rotação e os de translação, além das formulas fundamentaes haveria a apresentar outras que definissem os dous movimentos. N'um systema solido, o equilibrio será caracterisado por seis relações

analyticas, tres destinadas a definirem as relações que teem por objecto o movimento de translação e tres o de rotação. São as seguintes:

$$\Sigma\, X=0 \qquad \Sigma\,(Y\,x - X\,y)=0$$

$$\Sigma\, Y=0 \qquad \Sigma\,(X\,z - Z\,x)=0$$

$$\Sigma\, Z=0 \qquad \Sigma\,(Z\,y - Y\,z)=0$$

Taes são as considerações que nos parece dever fazer ácerca da dynamica geral.

380.° Do quanto o leitor póde colher em toda a sua contextura, resultará, cremos nós, a convicção de que não ha instrucção média methodica sem que esta concepção vá preparar as bases onde hãode assentar os futuros conhecimentos do alumno ácerca da physica, da cosmographia, etc. Para se comprehender a dynamica da natureza, urge conhecer primeiro a dynamica ideal. Sem ella, os conhecimentos, descosidos e fraccionados e desconnexos, da nossa actual instrucção secundaria mais anarchicos e incoherentes se accumularão no cerebro do alumno. Depois, todas as noções que compõem a dynamica geral se encadeiam tão naturalmente umas nas outras que, nas mãos d'um professor resumido e claro e methodico, o alumno fará n'ellas progressos reaes. Como dissemos, a dynamica é uma longa deducção de noções, derivando todas das leis experimentaes que lhe servem de base: como alicerce fundamental, está esse limitadissimo numero de noções empyricas; depois, veem-se deduzindo d'ellas as relações de successão que se referem aos movimentos mais simples d'um ponto material, livre e deslocando-se em relação a um systema fixo; depois, veem as que teem por objecto o movimento mais geral d'um ponto; depois, integram-se nas anteriores, por via de modificações particulares, as que se referem ao movimento do movel subjeito a ligações; depois, veem os systemas theoricos de pontos; depois, finalmente, as relações que relacionam com as causas geradoras os movimentos fundamentaes d'um systema solido.

Somma total: uma longa série de deducções e de deducções de deducções, que encadeiam a sciencia n'um systema geral, uno e bem coordenado. Difficuldades, em rigor, não as encerra, se o alumno estiver bem preparado e o professor fôr digno d'esse nome. As difficuldades, na sciencia, repetimol-o, derivam, principalmente, do descosido das noções que se offerecem ao alumno e da obscuridade, ás vezes quasi nebulosa, de quem as expõe. Desappareçam estes elementos que a difficultam, e ella será simples como o é tudo quanto existe no mundo que nos cerca.

SUBSECÇÃO II

MOVIMENTOS DE MASSAS REAES E SUAS RELAÇÕES DE SUCCESSÃO

381.º As noções, adquiridas pelo alumno, na subsecção que acabamos de percorrer, prepararam-no admiravelmente para poder abraçar, na sua essencia, a concepção da dynamica do mundo. Munido, com effeito, com o grande instrumento analytico que lhe fornece o calculo, preparado com as noções que bebeu na geometria concreta, conhecedor dos dous grandes methodos por meio dos quaes o abstracto se applica ao concreto, a phoronomia e a dynamica geral proporcionaram-lhe, por ultimo, esse fundo de noções abstractas que serve de base immediata á dynamica do mundo. Para se comprehender, com effeito, a dynamica da natureza, é essencial que se haja primeiro tomado conhecimento com a dynamica puramente abstracta.

Na presente subsecção, ha naturalmente a considerar dous elementos fundamentaes: os movimentos naturaes em si e as forças naturaes que os produzem.

Como é facil de vêr, o seu objecto é essencialmente restricto: limita-se a considerar — movimentos e forças que se combinam no seio da natureza.

Consideremos, em especial, os movimentos que, pelas suas combinações, constituem a dynamica do mundo. Apesar da sua variedade, podem elles reduzir-se a certos typos geraes que é facil classificar. Tomando-se para base d'este agrupamento, quer a natureza das massas que os geram, quer a fórma phoronomica que os movimentos revestem, a dous grupos os po-

demos primeiramente reduzir: movimentos gerados por massas imponderaveis e movimentos gerados por massas ponderaveis ou electricas. Pondo de parte estes ultimos, os movimentos gerados por massas ponderaveis, podem sel-o, quer pelas grandes massas celestes, quer pelas massas de que se compõem as grandes massas celestes; e, n'este caso, pelas massas solidas ou liquidas ou gazosas que se deslocam na superficie da Terra, ou pelas moleculas de que umas e outras se compõem, ou pelos átomos de que se compõem as moleculas: se por ventura são devidos ás massas terrestres, serão centraes ou oscillatorios; se o são ás moleculas, serão igualmente centraes ou oscillatorios — comprehendendo-se n'estes ultimos, quer os que se propagam n'um meio ponderavel e produzem os phenomenos sonoros, quer os que se propagam em meios imponderaveis e produzem os phenomenos calorificos ou luminosos; se são devidos aos átomos, teremos os movimentos atomicos. Em summa, resumindo n'um quadro todos estes movimentos, destinados a constituirem, no seu conjuncto, a phoronomia da natureza, agrupar-se-hão da seguinte maneira:

Sob a acção das forças naturaes produzem-se MOVIMENTOS
De massas de materia «imponderavel» — objecto da Electrologia
De massas de materia «ponderavel»
Quer das grandes massas celestes
Quer das massas de que se compoem as grandes massas celestes, ou das moleculas de que aquellas se compõem, ou dos átomos de que se compõem as moleculas..................
Ou sejam solidas ou liquidas ou gazosas; e são: CENTRAES / OSCILLATORIOS
Ou sejam moleculas; e são
CENTRAES, apresentando-se-nos sob o aspecto das propriedades geraes que denominamos: Flexão / Diffusibilidade / Capillaridade, etc., etc.
OSCILLATORIOS
Propagando-se na materia *ponderavel* e produzindo — SOM
Propagando-se na materia *imponderavel*.........
Sob a fórma de radiações *menos* rapidas — CALOR
Sob a fórma de radiações *mais* rapidas — LUZ
Ou sejam átomos — MOVIMENTOS ATOMICOS

382.° Passando a considerar mais particularmente os movimentos, destinados a constituirem o elemento concreto da dynamica do mundo, vão-se elles complicando tanto mais quanto mais vamos descendo desde os movimentos planetarios — os mais simples de todos, até aos movimentos moleculares e atomicos, evidentemente os mais complexos. Esta progressão em complexidade crescente não está tanto nos movimentos em si como nos «meios» em que elles se realisam; sendo, com effeito, esse elemento totalmente nullo quando se trata de movimentos em toda a sua abstracção, apparece-nos, pelo contrario, quando se trata de movimentos reaes, e complica-se mais e mais conforme vamos descendo desde os phenomenos menos complexos para os que nos offerecem maior gráu de complicação. Assim, d'entre os movimentos reaes, os astronomicos são mais simples, por isso que se realisam n'um ambiente evidentemente mais simples; mais complicado do que este, é o meio terrestre onde os movimentos das massas terrestres se produzem; mais complicado ainda, é o meio em que se produzem os movimentos electricos da superficie terrestre, pois que os devemos suppôr uma integração de elementos destinados a constituirem os meios astronomicos e terrestres; mais complicados ainda, são os movimentos oscillatorios, causa dos phenomenos calorificos e luminosos, visto que se produzem sob a influencia dos elementos astronomicos e terrestres e ainda sob as que derivam da propria massa dos corpos. A progressiva complexidade dos meios em que todos estes movimentos se realisam, indica-nos a ordem progressiva em que os deveremos apresentar ao alumno, começando pelos mais simples, como são os astronomicos, e terminando nos mais complexos, como são os moleculares e atomicos.

Será, pois, considerando estas differentes ordens de movimentos ou relacionando-os com as suas forças geradoras, que apresentaremos ao nosso alumno uma noção, clara e resumida, da dynamica da natureza.

CAPITULO I

A ASTRONOMIA

Objecto da astronomia. — Limites que deve ter na instrucção secundaria. — Systemas astronomicos de referencia. — Apresentação pedagogica do movimento de rotação da Terra. — Apresentação do movimento de translação da Terra. — Movimentos de precessão e de nutação, etc. — Apresentação dos movimentos da Lua. — Movimentos dos planetas, superiores ou inferiores. — Leis de Kepler.

383.° A astronomia tem por objecto um grande capitulo de phoronomia concreta. Occupa-se de fixar, com todas as suas circumstancias caracteristicas, a natureza geral dos movimentos, operados no espaço pelas grandes massas celestes. É, portanto, uma sciencia concreta, pois que se occupa de todos concretos, de phenomenos que podemos considerar como coexistencias. A geometria synthetica e a phoronomia geral e a astronomia constituem, no seu encadeamento logico e pedagogico, uma série progressiva em que o espirito vem descendo desde o mais abstracto até ao mais concreto, avançando sempre de phenomenos d'um certo gráu de complexidade, para outros que a revelam em um gráu maior; pelo seu lado, a geometria analytica e a dynamica celeste apresentam-se-nos como um encadeamento parallelo ao que as tres primeiras sciencias constituem, encadeamento em que, logica e pedagogicamente, o espirito humano desce das relações de successão mais abstractas para outras que o são menos e d'estas para outras mais complexas e concretas: assim, duas séries parallelas e decrescentes de noções se offerecem ao espirito humano — uma constituida pelo phenomenal e

a outra pelas relações de successão entre o phenomenal e as suas causas geradoras.

Presentemente, é d'um dos elementos da primeira série que vamos occupar-nos.

384.º Os movimentos celestes apresentam-se-nos como grandes associações de elementos, coexistentes no espaço, mas, em parte, d'uma maneira ideal: trajectorias, velocidades, posições de planos, massas que se deslocam, tudo se agrupa para constituir esta ordem de associações, tudo se nos engloba em grandes coexistencias, geometricas e abstractas, constituindo o que denominamos «movimento d'um astro».

Um dos caracteristicos mais fundamentaes que, desde logo, nos apparece como distinguindo esta ordem de movimentos, consiste nos processos *indirectos* que urge empregar para os estabelecer e definir.

Comparando entre si os movimentos que constituem a dynamica do universo, nota-se, com effeito, que, sob o ponto de vista dos processos destinados á sua concepção, offerecem-nos dous aspectos fundamentaes: por um lado, apresentam-se ao observador «directamente», não exigindo por parte d'elle grandes rodeios ou esforços, a fim de os instituir; por outro, dissimulados sob apparencias, ás vezes profundamente illusorias, só á custa de longas e difficeis operações é possivel ao espirito humano elevar-se até á sua concepção. Estão no primeiro caso os movimentos que, na superficie da Terra, são determinados pelas deslocações de quaesquer massas solidas ou liquidas ou mesmo gazosas, movimentos cuja existencia e caracteres geraes a simples observação é sufficiente para registrar; estão no segundo caso os movimentos celestes e os movimentos moleculares, a que são devidos os phenomenos luminosos ou termicos, movimentos tão profundamente dissimulados sob as apparencias, que só longos rodeios e um grande poder de concepção podem bastar para os definir.

A esta segunda categoria pertencem, com effeito, os movimentos astronomicos de que, presentemente, nos vamos occupar.

A apresentação ao alumno dos movimentos celestes — objecto da astronomia, por tres phases pedagogicas hade passar se o professor quizer dar ao ensino um alto cunho de racionalidade: a primeira, será a phase da «observação» dos phenomenos; a segunda, será a phase em que, tomando para base os phenomenos observados, o alumno se eleva até aos movimentos «apparentes» que d'elles derivam; a terceira será, finalmente, aquella em que dos movimentos apparentes, introduzidas certas modificações, o elevarmos até á verdadeira concepção dos movimentos «reaes». N'estes tres pontos de vista cumpre que o professor insista, a fim de que o alumno adquira, ácerca dos movimentos celestes, uma noção justa e constituida por uma via igualmente justa e methodica.

385.º É extremamente vasta esta bella sciencia. Primeiramente, occupa-se ella de estabelecer, por meio da observação, qual seja a natureza dos movimentos do nosso proprio planeta, isto é, offerece á nossa contemplação os movimentos de rotação e translação e precessão e nutação, etc., etc.; veem, depois, os movimentos, aliás complicados, do nosso satellite, isto é, a sua rotação e translação em torno da Terra e translação em torno do Sol e librações em latitude ou longitude e variações na posição da sua orbita em relação á eclyptica ou ao equador celeste e a retrogradação dos seus nódos, etc., etc.; depois da Lua, veem os outros astros do nosso proprio systema planetario, muito mais interessantes para nós do que o é o resto do mundo cosmico; depois, veem ainda os factos de movimento que é possivel determinar em systemas planetarios longinquos, qualquer que seja o gráu de evolução em que se encontrem: em summa, qualquer que seja a deficiencia dos seus meios actuaes, a astronomia abrange, na sua ampla complexidade, um largo numero de noções.

Propondo-se a instrucção secundaria offerecer ao alumno a noção scientifica do espectaculo que offerece ao homem a dynamica do mundo, nenhum outro grupo de sciencias como a astronomia e dynamica celeste deveriam entrar em maior porção

n'aquelle grande ramo do nosso ensino encyclopedico; a astronomia e a dynamica celeste são, porém, duas sciencias difficeis, complicadas, exigindo pacientes observações ou longas operações de calculo—o que nos impõe, em relação ao ensino, uma fatal limitação no seu objecto. Reconhecendo, pois, em theoria, que a astronomia deveria, em face da nossa concepção pedagogica, entrar em larga escala no regimen do nosso ensino médio, somos praticamente forçados a limitar o seu objecto, tomando d'elle apenas o que fôr mais essencial. Ora, n'este caso parece-nos estarem, considerados nas suas grandes linhas, os movimentos fundamentaes da Terra, da Lua e dos planetas, superiores e inferiores, do nosso systema planetario. Assim, ficará fóra do nosso programma tudo quanto respeita ás rotações e perturbações nos movimentos dos planetas primarios do nosso systema solar e muitos outros movimentos de massas celestes, ou façam ou não parte do systema solar a que o nosso planeta pertence. Limitado assim o objecto que, ao tratarmos da astronomia, nos propomos apresentar ao alumno, passemos a dar ao leitor as indicações pedagogicas fundamentaes que, na nossa opinião, hãode guial-o n'este grande ramo do nosso saber encyclopedico.

386.° Devendo os astros ser considerados como pontos que se deslocam no espaço, pois que as continuas situações que occupam hãode poder referir-se a um dado systema de referencia, claro é que cumpre, primeiro que tudo, apresentar ao alumno a noção, clara e nitida, dos differentes systemas de coordenadas celestes, destinadas, como sabemos, a fixarem em relação a elles as variadas posições que um astro vae occupando no espaço. Um dos systemas de referencia que, por exemplo, podemos considerar é o das ascenções rectas e declinações. N'um tal systema, o equador celeste representa uma especie de grande eixo curvilineo das abscissas e o meridiano um grande eixo d'ordenadas; no primeiro, contar-se-hão as ascenções rectas, tomando para origem o ponto de intersecção do equador celeste com a eclyptica, isto é, o equinoxio primaveral; nos arcos do me-

ridiano, serão, por seu turno, contadas as ordenadas, para o norte ou para o sul. O grande circulo do horisonte e a eclyptica darão origem a novos systemas de coordenadas. A fim de não confundir o alumno, poderemos, a principio, usar apenas d'um só systema, que póde ser, por exemplo, o das ascenções rectas, referindo a elle as differentes posições que, nos seus movimentos, vão occupando as grandes massas celestes.

De resto, a definição d'um ponto ou d'um astro por via da sua posição em relação a um systema de referencia deve ser para o alumno extremamente facil, dada a facilidade com que a póde assimilar a conhecimentos, anteriormente adquiridos e bem consolidados.

387.º Ministradas estas noções geraes, cumpre ao professor entrar, finalmente, na apresentação do objecto da sciencia que nos occupa. Sendo os movimentos fundamentaes d'um solido o de rotação e o de translação, a primeira noção que poderá ministrar-se será a da «rotação» do nosso proprio planeta. Para levar o alumno a conceber este facto astronomico d'uma maneira verdadeiramente scientifica, dada a preparação empyrica que a instrucção primaria lhe forneceu, é indispensavel, como dissemos, guial-o de modo que passe por estas tres phases pedagogicas: a das observações; a das concepções, d'ellas derivadas, que tendem a impôr, como verdadeiras, as apparencias; e, finalmente, a das concepções reaes e positivas.

Para que o alumno «observe», mesmo elementarmente, os factos astronomicos d'onde derivarão as concepções reaes ácerca dos movimentos celestes, é indispensavel que nos institutos de ensino médio haja um pequeno observatorio. Não poderão, é verdade, exigir-se ao alumno observações minuciosas e delicadas, como em physica se lhe não irá decerto impôr que realise as longas, pacientes e delicadas observações de um Regnoult ácerca da lei de Mariotte; o que póde, porém, conseguir-se é que elle, praticando-os, adquira uma noção geral e sufficientemente definida dos processos por via dos quaes o espirito humano consegue instituir as experiencias d'onde deri-

vam os factos mais essenciaes da phoronomia celeste. Ora, só poderá conseguir realisar-se esta aspiração pedagogica, guiando-o de maneira que maneje os instrumentos mais essenciaes d'um observatorio e que conheça a maneira como d'elles se hade servir nas observações a que se destinam; não se procedendo assim, o ensino-médio da astronomia, longe de ser constructivo, será impositivo e formalista. O alumno receberá, é verdade, noções que lhe são impostas; não as construirá, porém, á vista das suas proprias observações. Posto isto, cumpre passar a indicar os factos que deverão servir de ponto de partida ás observações d'onde o alumno hade derivar a concepção fundamental do movimento de rotação da Terra. Serão elles, pouco mais ou menos, os seguintes:

a) Quando observamos as regiões do meio-dia, notamos que as estrellas, ao deslocarem-se na esphera celeste, se elevam acima do horisonte, sobem até ao meio-dia e desapparecem abaixo do horisonte;

b) Ao dirigirmos as nossas observações para o lado do norte, notamos que grande numero d'ellas se approximam do horisonte durante certo tempo, se affastam d'elle durante um novo periodo, voltam a approximar-se, e tudo isto sem jámais desapparecerem para baixo d'elle.

D'estes factos, nitidamente observados, será facil levar o alumno a concluir: que, suppondo um grande plano perpendicular ao equador celeste, isto é, um plano meridiano, as estrellas descrevem curvas na esphera celeste; que taes curvas serão symetricamente divididas pelo plano vertical; que este plano será o mesmo para todas ellas; que, para o lado do meio-dia, na sua circumferencia limitante, existem as culminações das estrellas de que fallamos; que, para o lado do norte, existem igualmente n'ella, não só as culminações, mas até os pontos mais baixos que ellas podem attingir.

Determinadas estas circumstancias caracteristicas do movimento apparente das estrellas, cumpre guiar o alumno de modo que das observações effectuadas derive a concepção d'uma linha

ideal da mais alta importancia, isto é, se eleve até a noção, clara e nitida, do eixo do mundo. Ora, para isso, seguir-se-ha pedagogicamente o seguinte caminho:

a) Dada, no seu movimento, uma estrella para o lado do norte, isto é, uma estrella circumpolar, far-se-ha notar, primeiramente, o ponto de culminação d'essa estrella, e depois o ponto mais baixo que ella, na sua trajectoria, póde attingir;

b) Chamando a attenção do alumno para as distancias a que ficam aquelles dous pontos em relação ao zenith, a sua semisomma dar-lhe-ha, no plano meridiano, um ponto por onde passará a linha em questão.

Continuemos guiando o nosso alumno nas suas observações.

a) Faça-se-lhe notar uma estrella circumpolar, ao passar por differentes pontos da sua trajectoria;

b) Mostre-se que são iguaes todos quantos arcos tirarmos, para as differentes posições da estrella, do ponto ideal acima determinado.

D'estes factos concluirá facilmente que a estrella, assim observada, descreve um circulo perpendicular á linha que ha pouco determinamos no plano meridiano; que, se por ventura repetirmos as mesmas observações para outras estrellas, como os resultados serão os mesmos, serão analogas as conclusões: de tudo, portanto, se induzirá — «que as curvas descriptas pelas estrellas na esphera celeste são circulos perpendiculares á grande linha dos polos e que *rodam* em torno d'essa linha como se fôra um eixo de rotação. Assim, o movimento de rotação da esphera celeste em torno d'um certo eixo ficará nitidamente estabelecido, e, com elle, um facto importante de geometria celeste.

Attingida pelo alumno esta concepção, embora apparente, de natureza puramente geometrica, cumpre offerecer-lhe uma noção que, tomando aquella para ponto de partida, é comtudo essencialmente phoronomica; isto é, importa guial-o de modo que se lhe caracterise a natureza da «velocidade» propria d'aquelle movimento.

Para isso, chame-se-lhe a attenção para um facto interessante que as observações põem em relèvo; isto é, «que, em tempos iguaes, são sempre iguaes os angulos formados pelos arcos que do polo tirarmos para as differentes posições que, na sua trajectoria circular, descreve uma estrella circumpolar». D'este facto, o alumno concluirá, desde logo, que é «constante a velocidade de rotação, sendo ao mesmo tempo uniforme o movimento». Em summa, de tudo isto se concluirá, que a esphera celeste se move — rodando uniformemente em torno da linha dos polos.

Dos factos elevou-se o alumno até ao movimento apparente; cumpre, agora, que, seguindo a série pedagogica acima indicada, da apparencia suba até á realidade. Para se operar esta importante transição, bastará ao alumno suppôr o Sol no centro da esphera; suppôr que a Terra, affastando-se do centro em que primitivamente a figuramos, se desloca ao longo d'um diametro da esphera celeste até se fixar n'uma das suas extremidades: se até ahi parecia ao observador situado na Terra que uma estrella qualquer descrevia um circulo na esphera celeste, imprimindo á Terra uma rotação as mesmas apparencias se lhe offerecerão aos sentidos. Em summa, substituindo a apparencia á realidade, a modificação operada em nada alterará a maneira essencial como os phenomenos se offerecem ás nossas observações: assim, o alumno, dos factos subirá até ás apparencias; d'ahi, elevar-se-ha até á realidade.

388.º O segundo grande facto astronomico que importa estabelecer é o «do movimento de translação» que, no espaço, effectua o nosso planeta.

N'esta coexistencia geometrica, o primeiro elemento a determinar será a trajectoria descripta pela Terra. Ora, para isso, chame-se a attenção do alumno para os seguintes factos, que elle observará com cuidado:

a) Que o Sol se move, em cada dia, conjunctamente com a esphera celeste;

b) Que, de dia para dia, o Sol surge no horisonte em dif-

ferentes pontos, oscillando entre dous limites extremos. Se unirmos taes pontos por uma linha, começando as nossas observações n'um dos pontos extremos, veremos o Sol apparecer em cada um dos pontos seguintes até attingir o ponto médio; vel-o-hemos, em seguida, passar para lá do ponto médio por todos quantos se lhe seguem até ao outro extremo; vel-o-hemos, mais tarde, recuar, passando de novo pelos mesmos pontos.

Combinando as duas observações, o alumno concluirá immediatamente que o Sol é animado de dous movimentos: um, commum a toda a esphera celeste; outro, independente d'ella e em que para nós apparece e desapparece em pontos differentes do horisonte. Pondo de parte o primeiro, com o qual nada temos agora que vêr, occupemo-nos do segundo.

Para que de factos, assim observados, o alumno possa induzir qual seja o movimento de que, mais em harmonia com as apparencias, o Sol está animado na esphera celeste, cumpre guial-o de modo que, suppondo a Terra no centro da esphera, imagine traçado o equador celeste; que imagine o Sol, deixando-se arrastar no movimento diurno, a elevar-se para cima d'esse equador durante um certo periodo e a descer para baixo d'elle durante periodo igual: se marcarmos os pontos por onde passa o Sol, dia a dia e á mesma hora, unindo-os por uma linha, teremos figurada a trajectoria descripta pelo Sol durante o seu movimento annual. Pois que todas as espheras são similhantes, uma tal operação poderá o alumno realisal-a n'uma esphera que será para elle a representação, em miniatura, da esphera celeste. Fazendo-lhe, com effeito, notar que a certos pontos no espaço podem corresponder outros marcados na esphera artificial, começará por observar todos os dias e á mesma hora as ascenções rectas e as declinações do Sol. Como os pontos, assim fixados, lhe vão apparecendo nas extremidades de successivos arcos meridianos—tirados a distancias iguaes e em pontos successivos do equador celeste, contando-as desde o equinoxio da primavera os arcos do meridiano ou declinações vão sendo

maiores e augmentando sempre até um certo limite; depois, decrescerão até zero, passando ao hemispherio opposto; enfileirando-se n'este hemispherio, passarão por todos os valores que no primeiro as representaram.

Marcando na esphera auxiliar os pontos assim determinados, fazendo passar por elles uma linha curva de ligação, vêr-se-ha n'ella traçada a trajectoria do Sol, isto é, um grande circulo obliquo ao equador celeste, circulo que o cortará em dous pontos.

Esta é a concepção das apparencias; para elevarmos, porém, o alumno até á realidade — ultima phase pedagogica que lhe cumpre attingir, bastará guial-o de modo que elle imagine a Terra no centro da esphera e que imagine o Sol a circular em torno d'ella; então, descreverá ella a curva acima indicada, em torno do Sol e, suppondo-a a rodar sobre o seu eixo, a combinação dos dous movimentos fará apparecer ao alumno as desigualdades dos dias, das estações, etc. E, assim, a realidade se harmonisará com os factos e com as apparencias.

389.º A curva de translação que o alumno assim acaba de determinar, embora lhe appareça como circular, é apenas approximada; é, porém, chegado o momento pedagogico de o elevar até á concepção da verdadeira fórma d'este elemento importante da geometria celeste. Para o conseguirmos, partindo como sempre dos factos, far-lhe-hemos observar:

a) Que o diametro apparente do Sol, ao vermol-o nas differentes posições que vae occupando na eclyptica, ora se nos apresenta maior, ora menor — o que implica fatalmente uma «desigualdade» nos raios da trajectoria descripta;

b) Que o pequeno arco descripto, na eclyptica, pelo Sol durante 24 horas, varia de grandeza, de maneira que, attingindo o seu maior valor (1°, 1', 10'') a 1 de janeiro, desce até ao menor (57', 11',5) a 1 de julho.

D'estes dous factos, o alumno concluirá desde logo:

— Que são variaveis, no periodo d'uma translação, as distancias entre o Sol e a Terra;

—Que, de unidade para unidade de tempo, varia na sua orbita a velocidade linear da Terra.

Em face d'estes factos e d'estas conclusões, não deixando de citar passageiramente as bellas tentativas da astronomia para as explicar por meio dos epyciculos e deferentes, mostrar-se-ha como, em face da antinomia existente entre os resultados das observações e a relação mathematica que se determina entre a maior e a menor distancia do Sol á Terra, as velhas hypotheses de Hipparcho são insustentaveis, e como o grande Kepler, fundando-se nas pacientes observações de Ticho, pôz de parte a fórma circular e estabeleceu «que é uma ellipse, tendo o Sol n'um dos fócos, a curva gerada pela Terra no seu movimento de translação».

E, assim, avançando de noção para noção, lenta e suavemente, ficará determinado um tão grande elemento da geometria celeste.

A fim de completar no espirito do alumno esta grande noção, convirá ainda fazer-lhe notar que, embora sejam desiguaes as velocidades lineares, «as áreas descriptas pelo raio vector destinado a ligar o centro do Sol ao centro da Terra são proporcionaes aos tempos». Como se sabe, é esta a segunda grande lei de Kepler, lei fundamental que define a natureza da velocidade aereolar, gerada no seu movimento, pelo nosso planeta. Tratando-se por emquanto apenas de caracterisar, nos seus elementos, o movimento d'um unico planeta, a 3.ª lei de Kepler, enunciada desde já, ficaria pedagogicamente deslocada; quando o alumno tratar de relacionar entre si os movimentos dos diversos astros do nosso systema planetario, haverá então occasião opportuna para a apresentar. Em summa, chegado a este ponto, o nosso alumno conseguiu, elevando-se dos factos ás apparencias e d'estas á realidade, conceber o movimento do planeta que habitamos como uma grande coexistencia phoronomica em que se agrupam elementos taes como — uma ellipse para trajectoria e uma velocidade linear variavel e velocidades aereolares proporcionaes aos tempos e rotações

combinando-se com uma translação, etc., etc., suave e gradualmente adquiriu uma noção que lhe abre o caminho a tantas outras, destinadas a completarem, no seu espirito, a concepção nitida da geometria celeste.

390.º Até aqui, conseguimos apresentar ao alumno a noção dos movimentos da Terra, taes como elles se realisariam se outros corpos a não perturbassem na sua marcha; adquirida por elle esta noção, cumpre, porém, que desde já a complete, elevando-se dos simples movimentos de rotação e translação que a Terra realisa até esses mesmos movimentos, complicados agora pelas perturbações originadas nas influencias d'outros astros. Assim, a marcha pedagogica que o alumno segue será perpetuamente racional e methodica: dos factos elevar-se-ha ás apparencias; d'estas, subirá á concepção dos movimentos reaes, apresentados como se a trajectoria fôra circular e elles se effectuassem independentes de influencias estranhas; depois, modificará uma tal concepção, adquirindo a verdadeira noção da fórma geometrica da orbita, das velocidades lineares, das velocidades aereolares, etc.; tendo até aqui considerado o movimento da Terra sob uma fórma mais fundamental, isto é, como uma rotação e uma translação, passará, finalmente, agora, a adquirir a noção do facto astronomico em toda a sua nitidez, considerando-o complicado pelas perturbações que d'outros astros lhe derivam. Como se vê, o alumno avança ao referir esta ordem de idéas desde o mais abstracto — que n'este caso é o movimento da Terra depurado de perturbações, para o mais concreto e complexo — que será esse mesmo movimento complicado com as modificações resultantes das influencias que sobre elle exercem os outros corpos do systema.

Tratando, pois, dos movimentos da Terra quando perturbados, claro é que, seguindo o methodo que anteriormente nos impozemos, haveria aqui a elevar o espirito do alumno desde os factos observados até ás apparencias e d'estas até á verdadeira concepção da realidade; as observações de que depende, porém, a concepção dos movimentos perturbados são de si tão

longas e difficeis que ao professor só ficará o expediente de as indicar, derivando d'ahi as conclusões n'ellas contidas.

Hipparcho notára, com effeito, que, comparando-a com a que lhe fôra assignalada pelos antigos, a longitude das estrellas, conhecida no seu tempo, havia variado; ora, sabendo-se que a longitude é uma coordenada celeste que se conta na eclyptica a partir do ponto equinocial, as variações na longitude das estrellas suppõem naturalmente a variação do ponto equinocial. Por outro lado, os antigos haviam igualmente observado que o pólo da Terra não conserva sempre a mesma direcção em relação ás estrellas, e explicavam pelas variações do crystallino esta variabilidade na direcção polar. Ora, combinando as observações anteriores com a hypothese dos movimentos da Terra, os factos, assim registrados, só poderão receber a seguinte explicação racional: que o eixo da Terra está animado, em torno do eixo da eclyptica, d'um movimento revolucivo e conico; que este movimento, similhante ao d'um pião, se opéra n'um periodo que póde computar-se n'uma longa série de annos; que um tal movimento do eixo terrestre só é possivel mediante a deslocação do equador em que o suppozemos cravado; que esta deslòcação é apenas a constante mudança de situação do seu ponto de intersecção com a eclyptica, de maneira que, sendo o equinoxio um d'esses pontos, elle retrogradará, computando-se em 50,"2 a porção d'arco que, na eclyptica, annualmente percorre no seu movimento de retrogradação. Este movimento, assim concebido, isto é, o movimento de «precessão equinoxial» explica, com effeito, os dous factos tão intimamente ligados entre si — a variação nas longitudes estrellares e a variabilidade na direcção do polo terrestre. Depois da perturbação anterior operada nos movimentos fundamentaes, ha ainda a fazer comprehender ao alumno o chamado «movimento de nutação». Bradley, ao estudar o conhecido phenomeno da aberração das estrellas, notou que muitas d'ellas variavam um pouco de posição na esphera celeste, e notou ainda que não era annual esta mudança. Assim,

viu a estrella γ do Dragão avançar constantemente para o pólo boreal desde o anno 1727 até 1735, e viu que, depois d'essa epocha, novamente se affastava d'elle. Este cyclo completo de approximação e affastamento operára-se, segundo notou, em cerca de 18 annos. O illustre observador pensou então que o pólo da Terra, emquanto descrevia, n'um longo periodo de seculos, o cone de precessão, ia ao mesmo tempo, no curto periodo de 18 annos, descrevendo pequenas ellipses. É a este novo movimento que se chama «movimento de nutação».

391.º Além d'estas duas grandes perturbações que veem modificar os movimentos fundamentaes que a Terra realisa no espaço, outras alterações dynamicas ha que cumpre apresentar ao alumno; taes são: as que se referem á posição da orbita, e as que se referem aos elementos geometricos n'ella contidos. Como no caso dos dous movimentos anteriores, aqui os factos a observar reproduzem-se em periodos largos de tempo e, portanto, estão directamente fóra d'uma apresentação docente que de sua natureza hade forçosamente ser relativamente breve; não podemos, portanto, agora, como então, exigir que o alumno possa de per si realisar as observações de que deriva a concepção dos novos elementos astronomicos que lhe importa conhecer. Por necessidade, deixamos, por isso, de ser mais uma vez constructivos, para sermos impositivos.

Apresentemos, primeiramente, a mudança periodica que, na sua posição, soffre a orbita terrestre.

Desde longa data, as observações astronomicas haviam feito notar que o plano da eclyptica não conservava constante o seu angulo de obliquidade em relação ao equador celeste; e, pelo contrario, haviam notado que tendia a «rebater-se» sobre o plano do equador celeste, movendo-se em torno da linha de intersecção dos dous planos, como se fôra uma charneira. Ticho notára que, depois das observações realisadas pelos alexandrinos, as latitudes das estrellas diminuiam, tendo variado para menos d'um gráu. Como é a partir da eclyptica que se contam as latitudes, claro é que taes phenomenos só poderão explicar-

se, considerando a tendencia que o equador e a eclyptica teem a rebater-se um sobre o outro. É, portanto, forçoso admittir que o angulo diedro formado por aquelles dous grandes circulos varia com uma lentidão extraordinaria.

Depois das variações na posição da orbita terrestre, outros factos nos levariam a estabelecer as variações que se produzem nos elementos da orbita, factos que não indicamos para não alongar este capitulo, mas que o professor póde facilmente completar.

392.º Chegado a este ponto, cumpre que o professor, pondo em jogo a energia conceptiva do alumno, faça uma recapitulação. As recapitulações são syntheses em que se resumem noções anteriormente adquiridas e, por isso, da mais alta importancia pedagogica. O nosso alumno elevou-se, com effeito, dos factos ás apparencias e das apparencias até á realidade: primeiramente, concebeu os movimentos mais fundamentaes da Terra, embora approximados na fórma da orbita, e na posição d'essa orbita, etc.; depois, elevou-se até á verdadeira fórma geometrica que essa orbita apresenta; depois, definiu alguns dos seus elementos; depois, passando dos movimentos fundamentaes aos movimentos perturbados, elevou-se até á concepção das modificações que n'elles opéram novas deslocações no eixo do planeta, ou na posição da sua orbita, ou na grandeza ou posição dos elementos d'essa orbita, etc.; e, assim, avançando de noção para noção, estribando-se constantemente nos factos, pôde, passando do mais abstracto ao mais concreto, reconstruir a concepção, geral e completa, dos movimentos do nosso proprio planeta. Antes de passar a adquirir novas noções, que resta agora? Combinar n'uma synthese toda esta larga série de factos e concepções, agrupal-os n'uma noção geral, recapitular, em summa, os conhecimentos adquiridos, architectando com elles a verdadeira concepção dos movimentos da Terra. Assim, de noção para noção, o alumno elevar-se-ha, d'uma maneira natural e facil, até á concepção, tão importante como fundamental, da dynamica do universo.

393.º Concebido pelo alumno o movimento da Terra, seguir-se-ha apresentar-lhe, nas suas circumstancias caracteristicas, o movimento da Lua. Para se estabelecer esta grande noção abstracta de geometria celeste, deverá elle, como anteriormente, observar os factos quando seja possivel e subir dos factos até á concepção geometrica destinada a explical-os. Ora, para o conseguir, a primeira cousa será, como aconteceu com os movimentos da Terra, eleval-o até á noção dos movimentos mais fundamentaes do nosso satellite, isto é, guial-o de modo que dos factos se eleve até conceber a fórma da trajectoria lunar, a sua posição em relação á da Terra, etc. Para maior simplicidade pedagogica, será o movimento sem perturbações o que primeiro se lhe apresentará, isto é, o movimento lunar na sua fórma mais abstracta e simples.

Ora, para isso, cumpre, primeiro que tudo, chamar-lhe a attenção para os seguintes factos, que elle deverá observar:

a) Que a posição da Lua em relação ás estrellas muda em poucas horas, sendo certo que se desloca no espaço em relação a ellas;

b) Que o Sol, como já sabemos, se desloca igualmente em relação aos grupos estrellares;

c) Que, comparando entre si as duas trajectorias, a do Sol é quasi identica á da Lua, passando ambas em frente das constellações zodiacaes;

d) Que a velocidade da Lua, na sua trajectoria, é, porém, 13 vezes maior que a do Sol, de maneira que, se o alumno vê, no decurso d'um anno, passar o Sol em frente das constellações zodiacaes uma só vez, verá passar a Lua, em frente d'ellas, 13 vezes;

e) Que, finalmente, o movimento da Lua e o do Sol se opéram no mesmo sentido.

D'estas observações, por elle mesmo effectuadas, concluirá o alumno que o Sol e a Lua se movem na esphera celeste com velocidades differentes, e seguem trajectorias que existem quasi no mesmo plano zodiacal.

Formulada esta conclusão, continuemos observando o seguinte:

a) Que, ao deslocar-se na esphera celeste, a Lua apresenta differentes phases;

b) Que se produz sempre a mesma phase quando é identica a distancia angular em que se encontra em relação ao Sol;

c) Que, no seu movimento em relação ao Sol, a Lua passa, primeiramente, na região onde está o Sol e então não se vê; que, passados 7 dias, ao passar o Sol no meridiano inferior, ainda a Lua se vê a despontar no horisonte; que, passados outros 7, ao passar o Sol no meridiano superior, passa a Lua no inferior; e assim successivamente.

Estes os factos, e os movimentos apparentes que d'elles derivam.

Agora, tomando-os por base, para elevarmos o espirito do alumno até á realidade, bastará suppôr «que a Lua se move em torno da Terra, gerando uma orbita cujo plano passa approximadamente pelo plano da eclyptica». Então, a Lua, com a sua rapidez 13 vezes maior do que a da Terra ao mover-se na sua orbita, deslocando-se no mesmo sentido e passando por differentes phases durante um periodo de translação em torno da Terra, e operando, finalmente, sobre o seu eixo um movimento de rotação em tanto tempo como opéra o de translação, virá a ser animada por um movimento que, perante os nossos sentidos, se traduzirá n'essas apparencias, que as observações registram. Naturalmente, a orbita da Lua não é circular; conforme a lei de Kepler, é antes elliptica, realisando-se o seu movimento, na essencia, sob as mesmas condições geometricas.

394.° Depois de offerecermos ao alumno o movimento da Lua na sua fórma mais pura e abstracta, cumpre apresentar-lh'o sob a fórma mais complexa, isto é, modificado pelas perturbações que para elle derivam das influencias combinadas do Sol e da Terra.

Ora, em tal caso, a primeira noção a apresentar-lhe serão

as variações por que passaria a orbita lunar em relação ao equador celeste e á eclyptica terrestre.

Partindo, como sempre, da observação, se notarmos na esphera celeste os pontos por que vae passando a Lua na sua peregrinação em frente das constellações zodiacaes, concluiremos que, n'uma primeira translação, passa por certos pontos do céo; n'uma segunda, já passa por outros; n'uma terceira, por outros ainda, e assim successivamente. Ora, depois de uma série sufficiente de observações, chegar-se-ha á conclusão de que a orbita da Lua não se conservou fixa, mas se inclinou mais ou menos sobre o equador celeste, variando o angulo de inclinação entre 18 ½ ° e 28 ½ °.

Se, por outro lado, se observar a inclinação da mesma orbita lunar, não já em relação ao equador celeste mas em relação a eclyptica terrestre, notaremos que o seu angulo é approximadamente de 5°.

Como explicará o alumno os factos, assim colhidos na observação?

Bastará leval-o a suppôr que o eixo da orbita lunar descreve um cone em torno do eixo da eclyptica terrestre; que, mercê d'esse movimento, retrogradam os pontos de intersecção das duas orbitas, isto é, os nódos, operando uma revolução completa em 18 annos e 2/3. Dado este movimento de um eixo em torno do outro, seguir-se-hão, como consequencia, os factos observados; isto é, a orbita lunar—já inclinada sobre o equador celeste, ora se colloca, nas suas oscillações, entre elle e a eclyptica da Terra, ou seja a 23°,5—5°, ora se colloca para lá dos dous circulos, ou seja a 23°,5+5°: assim, oscillará, conforme o indicam as observações, entre 18°,5 e 28°,5.

Ao movimento revolucivo do eixo da orbita lunar será necessario accrescentar ainda «o movimento de nutação» que elle opéra. O eixo lunar, ao passo que descreve um cone circular em torno do eixo da eclyptica, descreve pequenos cones que vão fazer oscillar, em relação á da Terra, a posição da orbita lunar. D'ahi, concluir-se-ha que a sua inclinação não será de 5°,, 8',,

48″, mas variará entre 5°,, 17′,, 35″ e 5°,, 1′; e concluir-se-ha, igualmente, que o movimento de retrogradação dos nódos não será uniforme, mas antes o nódo ora se accelerará, ora retardará. Se não existira a nutação do eixo lunar, dado o seu movimento conico em torno do eixo da eclyptica terrestre, os pontos de intersecção das duas orbitas deslocar-se-hiam d'uma maneira «uniforme»; a série, porém, de pequenos cones nutatorios que descreve emquanto produz o cone principal, provoca fatalmente a acceleração e a retardação que se notam no movimento dos nódos e, ao mesmo tempo, as modificações de inclinação, registradas pelas observações, entre a orbita lunar e a terrestre.

Complexos como são, muito mais haveria que dizer ácerca dos movimentos da Lua. Poderiamos fallar das librações em latitude ou em longitude, da maneira de as observar, das suas causas, etc. Isto, porém, levar-nos-hia muito longe. Em relação aos movimentos celestes, o que principalmente importa é guiar o alumno de maneira que elle conceba, no seu conjuncto, as trajectorias que se geram, as variações na posição das orbitas, as deslocações das intersecções orbitarias, toda essa associação, finalmente, de elementos conceptuaes que as apparencias tão profundamente dissimulam. Como factor educativo, a phoronomia celeste será mesmo da mais alta importancia, pois que elevará, no alumno, ao mais alto gráu, a aptidão conceptiva. O esforço necessario para imaginar esta grande complexidade de curvas e planos e velocidades e elementos de orbitas, é, com effeito, intenso; realisando-o, o alumno adaptará o seu espirito em ordem a desenvolver n'elle as faculdades constructivas e de concepção mental.

395.° Depois de havermos considerado a Terra e o nosso satellite, segue-se determinar os movimentos dos outros corpos do nosso systema solar. Para isso, escolheremos dous planetas, um inferior e outro superior; as conclusões que o alumno tirar em relação a cada um d'elles, serão, na essencia, applicaveis a todos os outros.

Determinemos, primeiramente, os movimentos, por exemplo, de um planeta inferior como é Venus. Partindo, como sempre, dos factos que a observação registra, faça-se notar ao alumno o seguinte:

a) Que um tal planeta, ao descrever, na esphera celeste, a sua trajectoria, não se affasta muito, como a Terra e a Lua, do plano da eclyptica;

b) Que, observando-o em relação ás estrellas, vêl-o-hemos oscillar e deslocar-se na sua trajectoria celeste para um e outro lado do Sol, descrevendo um certo arco. Assim, n'uma dada epocha, no momento em que se põe o Sol, vêr-se-ha Venus, logo em seguida, desapparecer no horisonte; depois, vêr-se-ha affastar do Sol e desapparecer, mais e mais tarde, no horisonte; depois, attingindo uma posição limite, vêr-se-ha approximar novamente do astro do dia; depois, vêr-se-ha affastar de novo e apparecer-nos de manhã e no oriente e antes do Sol nascer; depois, ver-se-ha, finalmente, distanciar mais uma vez, até acabar por attingir uma nova posição limite; e assim successivamente.

Dos factos, assim observados na esphera celeste, derivavam os antigos as conclusões seguintes: que a Terra occupava o centro da esphera celeste; que Venus se movia sobre um circulo cujo centro se deslocava sobre outro—concentrico com a Terra e de raio mais pequeno do que aquelle em que o Sol girava. Esta explicação casava-se perfeitamente com as apparencias. Observando da Terra as deslocações de Venus na esphera celeste, vêr-se-hia, com effeito, em tal hypothese, o planeta approximar-se ou affastar-se periodicamente do astro do dia.

Para destruir, porém, esta hypothese e erguer o espirito do alumno das apparencias até á realidade, é indispensavel chamar-lhe a attenção para os seguintes factos, que a observação lhe apontará:

a) Que Venus nos apresenta «phases» como as da Lua;

b) Que, n'essas phases, se vê Venus duas vezes em «conjuncção» e duas vezes em «opposição».

D'estes factos concluir-se-ha immediatamente que é insufficiente a hypothese anterior, pois que por via d'ella podem explicar-se as conjuncções de Venus, mas nunca as «opposições». Para o conseguirmos, bastará, porém, suppôr que o Sol occupa o centro do systema e que Venus, como a Terra, descreve em torno d'elle uma trajectoria curvilinea, «mas de raio menor que a da Terra». Em tal caso, será possivel a Venus apresentar-nos conjuncções e opposições, e não só conjuncções como o era na hypothese antiga.

Passemos aos planetas superiores e tomemos Marte para typo de observação.

Se observarmos as suas deslocações na esphera celeste, notar-se-ha:

a) Que, como Venus, apresenta aos olhos do observador, em relação ao Sol, as mesmas oscillações;

b) Que, observando as suas phases, em qualquer d'ellas se nos apresenta quasi «sob a fórma d'um circulo».

D'estes factos será facil concluir-se que, como todos os outros planetas, Marte descreve em torno do Sol uma trajectoria curvilinea, mas que «é maior do que o da Terra» o raio d'essa trajectoria. Em summa, combinando as conclusões estabelecidas em relação a Venus com as que se estabeleceram em relação a Marte, o alumno poderá vêr que, considerando o Sol como centro do systema planetario, todos os planetas descrevem orbitas curvilineas em torno d'elle: uns, como Mercurio e Venus, orbitas de raio menor do que o da orbita terrestre; outros, como Marte e todos os planetas superiores, orbitas de maior raio.

396.° Chegado a este ponto, ao alumno só resta fundir n'uma grande associação todo o systema planetario, cuja concepção representativa conseguiu indirectamente extrahir das observações que, em grande parte, realisou. Assim como a Terra, cujos movimentos estudou mais precisamente, realisa movimentos de rotação e translação e é perturbada nas suas revoluções por influencia d'outros astros modificando-se-lhes os movimentos fundamentaes, assim, nos outros planetas, haverá

movimentos de rotação e translação e perturbações d'esses movimentos fundamentaes; assim como para a Terra são constantes as áreas descriptas e se modificam os elementos orbitarios e variam de posição ou de fórma os planos das trajectorias, assim para os outros planetas haverá as mesmas modificações essenciaes: ao espirito do alumno apresentar-se-ha, pois, o systema solar como uma vasta associação objectiva de trajectorias e de posições de trajectorias e de velocidades realisadas e de massas que se deslocam — associação puramente representativa e subjeita, na sua vasta e complicada estructura, a leis geraes, fixas e uniformes.

Como corôa d'esta synthese, deverá, presentemente, apresentar-se ao alumno uma grande relação uniforme que, muito de proposito, deixamos para este logar, visto que, pedagogicamente, é aqui que convem a sua apresentação. Referimo-nos á grande lei de Kepler, que liga, entre si, os grandes eixos das orbitas com os tempos das respectivas revoluções planetarias. Esta notavel synthese formula-se assim: «os cubos dos eixos maiores das orbitas são proporcionaes aos quadrados dos tempos das respectivas revoluções planetarias». Estudados isoladamente nos seus elementos geometricos e phoronomicos os movimentos dos differentes corpos do systema solar, a grande lei Kepleriana que acabamos de enunciar relaciona, n'uma synthese unitaria, os membros do systema, separadamente analysados; as duas leis anteriores occupam-se, com effeito, da fórma da trajectoria ou da relação entre a área descripta pelo raio vector e o tempo — mas em relação a cada planeta de per si; só esta, porém, relaciona elementos d'umas orbitas com elementos d'outras, fundindo assim todo o systema solar n'uma unidade vasta e intimamente solidaria.

As noções, até aqui indicadas, poderão resumidamente ser completadas com outras ácerca dos movimentos cometarios, ácerca dos movimentos do Sol e mesmo ácerca de movimentos que realisam as massas de materia cosmica, pertencentes a systemas longinquos.

Tal é, em resumo, o conjuncto de noções astronomicas, que deverão, parece-nos, constituir o objecto do ensino na instrucção secundaria, e o espirito fundamental que deve presidir á sua apresentação pedagogica.

397.° Como o leitor acaba de vêr, em todo o conjuncto da exposição que acabamos de fazer tendo por objecto a sciencia dos movimentos celestes, predomina este tom fundamental: guiar o alumno de modo que se eleve das observações dos factos aos movimentos apparentes e d'estes á concepção dos movimentos reaes que explicam as apparencias. Esta maneira de considerar pedagogicamente a astronomia, suggere-nos, no momento presente, uma observação que, mais tarde, nitidamente se accentuará. Comparando entre si a astronomia e a acustica e a thermo-optica, registra-se, entre estes grandes ramos da dynamica da natureza, uma notavel analogia: todos elles são outras tantas porções da sciencia geral, tendo por objecto elevar o espirito humano da observação de factos bebidos na experiencia á concepção de grandes construcções geometricas e phoronomicas, destinadas a fornecerem-nos a explicação racional d'esses factos. Por isso, a marcha que a intelligencia humana segue para crear tão notaveis concepções representativas, consiste essencialmente em observar factos e em os interpretar, elevando-se d'elles até á combinação geometrico-phoronomica que os explica. Ora, se esta é a marcha da intelligencia para architectar tal ordem de combinações, naturalmente essa mesma hade ser, nas suas grandes linhas, a marcha pedagogica do professor quando pretenda offerecel-as ao alumno. Esta approximação entre ramos, aliás tão distinctos, do saber humano, facilitando o caminho d'uma natural assimilação, facilitará igualmente ao alumno a nitida comprehensão de ramos de saber que, na maneira fundamental como elaboramos as suas concepções representativas, revelam entre si fundas analogias. Considerando agora a sciencia que nos occupa sob outros pontos de vista, no objecto é ella perfeitamente representativa; nas noções que a constituem, é perfeitamente conceptual; no

methodo, aprèsenta-se-nos como obrigando o espirito a avançar do abstracto para o concreto; nos processos, usará constantemente dos empyricos como auxiliares indispensaveis. Que é representativa no objecto, vê-se bem ao apresentar-se-nos como uma grande construcção conceptual, profundamente dissimulada sob apparencias enganadoras, derivando-se da experiencia d'uma maneira altamente indirecta e á custa de longos e complicados esforços; que são conceptuaes as suas noções fundamentaes, vê-se claramente ao notar-se que a porção empyrica n'ella contida, isto é, as observações que se effectuam são apenas subordinadas á plena instituição do objecto principal, que vem, a final, a reduzir-se aos movimentos dos astros, considerados em toda a sua plenitude conceptual; que, no encadeamento das suas noções, o espirito do alumno avança sempre do abstracto para o concreto, deprehende-se ainda da propria maneira como realisamos a apresentação pedagogica do seu objecto, instituindo primeiramente os movimentos mais fundamentaes e, por isso mesmo, os mais abstractos, depois os que nos apparecem immediatamente como mais complicados, até terminarmos pelos movimentos perturbados e, mais ainda, por o que em astronomia ha de mais complexo, isto é, pela synthese dynamica dos systemas planetarios; que ha n'ella, finalmente, a necessidade de auxiliar as apresentações pedagogicas por meio dos processos empyricos, é conclusão que facilmente se deduz do alto espirito de conceptualidade d'uma tal sciencia e, portanto, da necessidade impreterivel que ha para o professor de auxiliar nos seus esforços o poder combinativo do alumno.

Assim, em todos os seus caracteres fundamentaes, a astronomia harmonisa-se, na apresentação que d'ella fizemos, com o tom geral que domina no segundo grande ramo do nosso ensino encyclopedico, isto é, do ensino médio.

CAPITULO II

A DYNAMICA CELESTE

Objecto da dynamica celeste. — Introducção indispensavel d'esta sciencia na instrucção secundaria. — Extensão da dynamica celeste. — Limites a que deve circumscrever-se na instrucção secundaria. — Deducção, por via das leis Keplerianas, da natureza da força que produz o movimento dos astros. — Fórmulas analyticas superiores de que derivam, em geral, as relações fundamentaes da dynamica celeste: sua natureza; processos de instituição; significação. — Deducção analytica das circumstancias que caracterisam o movimento dos astros sem perturbações: elementos geometricos das orbitas celestes; posição d'estas orbitas; elementos phoronomicos, taes como a velocidade dos astros na sua orbita. — Os movimentos celestes subjeitos a perturbações; variações, seculares ou periodicas, no movimento de translação; variações no movimento de rotação. — Conclusões pedagogicas finaes.

398.° Assim como da phoronomia abstracta passamos para a dynamica abstracta, assim da phoronomia celeste passamos para a dynamica celeste; e assim como a astronomia se considerou como uma applicação da phoronomia geral, assim a dynamica celeste será uma grande e superior applicação da dynamica theorica. O objecto geral da dynamica dos corpos celestes consiste essencialmente em estabelecer, por via dos methodos geraes de applicação do abstracto ao concreto e analyticamente expressas, certas relações de successão entre os movimentos dos astros como phenomenos concretos e as forças que os produzem, derivando, em seguida, por meio d'uma deducção rigorosa, das relações assim estabelecidas as circumstancias ca-

racteristicas dos movimentos celestes. Como em todas as sciencias abstracto-concretas, nas relações analyticas da dynamica celeste ha dous termos a considerar: as forças geradoras e os phenomenos que ellas produzem, relacionando-se entre si por meio do instrumento analytico, tão admiravelmente adaptado, como sabemos, a sua expressão rigorosa e definida. A dynamica celeste é, pois, uma bella sciencia, rigorosa na sua constituição, vasta na sua grande extensão, profundamente deductiva, reduzida na sua totalidade á severidade da expressão analytica, o mais bello exemplo, em summa, que se offerecerá ao alumno, de previsão scientifica e de consistencia logica: tratando, por outro lado, de systematisar uma parte importante do mechanismo do universo, não só pelo lado do seu objecto como pelo lado da sua energia educativa deve ella occupar, penso eu, logar importante na economia geral do ensino médio. A unidade philosophica da nossa instrucção scientifica geral ficaria truncada, se por ventura a dynamica celeste não constituisse uma das suas partes integrantes e fundamentaes; os movimentos das massas terrestres devidas á força da gravidade e a theoria geral do potencial electrico e a dynamica geral do mundo, tudo será incomprehensivel, fragmentado e exposto anti-pedagogicamente se não tiver como introducção a sciencia que se occupa de deduzir os movimentos dos astros das forças que os produzem. Pelo seu lado, o estudo da physica, sem que tenha por base a dynamica celeste, é um edificio sem alicerce. Como se hãode comprehender os factos, menos geraes e mais complexos da dynamica do mundo, sem haverem sido estudados os mais simples e geraes? Como é que as noções mais particulares da physica hãode assimilar-se a certas noções anteriormente adquiridas, que só a dynamica celeste póde dar, se esta não existir para o alumno? Como se hade constituir a unidade philosophica do nosso saber encyclopedico, base fundamental de todo o ensino secundario e geral? Se a dynamica celeste faltar, mesmo resumida, na economia geral d'este ramo da nossa instrucção integral, o ensino secundario

não se nos apresentará com esse caracter de fragmentação inconsistente, desconnexão logica e anarchia pedagogica, attributos que, presentemente, o distinguem em face da anarchia mental que nos domina?

399.º Admittida, pois, como elemento essencial no conjuncto geral do ensino médio, cumpre-nos, agora, determinar até onde poderá ir o ensino d'esta sciencia, se attendermos á sua grande extensão, á sua complicação extraordinaria, ás relações, finalmente, de concordancia em que deverá estar para com os outros elementos do nosso saber integral. Introduzir a dynamica celeste no ensino secundario, em toda a sua plenitude, seria um bello ideal philosophico; sob o ponto de vista pratico, é, porém, radicalmente impossivel. É tão vasta a sua extensão, é tão grande a sua complicação analytica, são tão abstrusas as suas concepções, que, dados os limites naturaes do ensino secundario, forçoso é limitar a porção de noções que uma tal sciencia deverá fornecer ao ensino geral, ministradas, em todo o caso, em numero sufficiente para que o alumno possa comprehender o seu caracter philosophico e o seu rigor analytico. Em face d'isto, importa, pois, em primeiro logar, lançar um golpe de vista sobre o seu objecto geral, eliminando, em seguida, tudo quanto, por mui difficultoso e conceptual não deva comprehender-se na parte scientifica da nossa instrucção encyclopedica e geral. É o que vamos fazer.

Como todas as sciencias abstracto-concretas, a dynamica celeste tem por alvo principal deduzir de certo numero de relações geraes, estabelecidas entre os movimentos dos astros e as forças que os produzem, grande numero de relações particulares; ora, assim como a dynamica geral se occupou, primeiro que tudo, de instituir as relações fundamentaes existentes entre as circumstancias do movimento e as forças geradoras, assim a dynamica celeste tratará de relacionar com os movimentos dos corpos celestes a força que os produz e tratará de fixar analyticamente essas relações, e, por ultimo, de inferir das relações

geraes, assim organisadas, as fórmas caracteristicas que, na sua realidade effectiva, nos apresentam os movimentos celestes.

O primeiro trabalho que, portanto, desde logo se lhe offerece, consiste em determinar a relação fundamental de successão entre os movimentos celestes e a força natural que os produz, convenientemente caracterisada na sua intensidade e sentido e direcção. Os attributos fundamentaes d'uma tal força hãode naturalmente derivar dos attributos essenciaes dos movimentos celestes, colhidos na observação. E assim é; os tres grandes factos astronomicos que denominamos «leis de Kepler», são, com effeito, as relações empyricas d'onde deriva o nosso conhecimento ácerca da natureza das forças que, por menos no nosso systema, produzem os movimentos dos corpos celestes.

Conhecida a força, que é o elemento abstracto, segue-se relacional-a com o movimento das massas celestes—que é o phenomeno concreto; a dynamica celeste procede, portanto, á constituição geral das fórmulas analyticas que hãode exprimir essa relação de successão entre a causa e o effeito, empregando, é claro, os methodos geraes de composição e posição, methodos de que sempre havemos usado para applicar o abstracto ao concreto.

Desde que as fórmulas geraes da dynamica celeste se acham instituidas, a sciencia vê-se de posse de uma grande synthese logica, que domina, a toda a altura, o vasto complexo de fórmulas analyticas que relacionam os movimentos celestes e as suas causas geradoras; ora, então, inicia-se esse longo encadeamento deductivo que, constituindo o corpo fundamental da sciencia, se nos offerece ao mesmo tempo como um dos mais bellos monumentos do espirito humano. Naturalmente, das fórmulas começamos por derivar os casos mais simples que podem offerecer os movimentos dos astros; depois, passamos aos mais complicados; depois, ainda aos mais complicados; e assim successivamente.

Assim, sabendo-se que, sob a acção das forças cosmicas,

se produzem os movimentos de systemas longinquos e do systema a que nós mesmos pertencemos, sabendo-se que ha a considerar planetas principaes, differentes d'aquelle que habitamos, e os seus satellites e o nosso proprio planeta, sabendo-se que, ao tratar-se do nosso planeta, ha ainda a consideral-o sob varios pontos de vista, conforme se attender á fórma ou á posição ou ás suas relações com outros astros, claro é que, no meio de tão grande complexidade de aspectos, podemos considerar os que se nos offerecerem como mais simples, passando progressivamente d'elles para os que se nos apresentarem como mais e mais complicados. Ora, a hypothese mais simples que se offerece ás nossas considerações dar-se-ha quando figurarmos o nosso planeta sensivelmente espherico e movendo-se isolado no espaço em torno do Sol.

Em tal caso, a força sob cuja acção o planeta se desloca, é simplesmente a resultante de uma impulsão primitiva e instantanea, combinando-se com a acção de uma força constante de inflexão, que, na razão inversa do quadrado da distancia, passa pelos respectivos centros de gravidade. N'esta hypothese, uma tal força produzirá o movimento de translação do centro de gravidade do astro; e, instituidas as fórmulas geraes que a relacionam com as circumstancias dos movimentos, a dynamica celeste occupar-se-ha de derivar d'ellas os attributos d'esse movimento, considerando-o sob o ponto de vista da posição da orbita que o astro descreve, da fórma d'essa orbita, das linhas que n'ella figuram, da sua posição, da sua velocidade, da posição, finalmente, do astro na trajectoria percorrida. É esta a theoria do movimento elliptico e isento de perturbações; portanto, é o caso mais simples a considerar na dynamica das massas celestes.

Immediatamente mais complicado do que este, será evidentemente o seguinte caso: suppondo que, além do Sol e do planeta que se move em torno d'elle, existem outros planetas no systema e todos de figura sensivelmente espherica, e suppondo ainda que exercem entre si acções mutuas, derivar das relações

analyticas geraes as condições em que se realisa o movimento do astro subjeito a taes condições. Este caso é evidentemente mais complicado que o anterior, pois que as acções mutuas de uns astros sobre os outros introduzem perturbações no movimento de translação de cada um. A força que os faz mover será ainda uma resultante da impulsão primitiva e de uma força constante de inflexão, que passará ainda pelo centro de gravidade dos astros que se movem; mas das fórmulas analyticas geraes deduzir-se-ha que não são constantes os elementos do movimento e antes variaveis de momento para momento; isto é, a posição da orbita, a sua figura, as suas linhas constitutivas estarão subjeitas a variações, periodicas ou seculares, conforme abstrahirmos ou não das posições relativas dos astros que mutuamente se influem. Derivar, por meio do calculo, as variações produzidas nos elementos das orbitas planetarias pela acção mutua dos planetas, é, na dynamica celeste, um dos mais complicados e difficeis problemas, envolvendo, como é sabido, longos processos de calculo.

Havemos supposto, até aqui, que as figuras dos astros em movimento são sensivelmente esphericas; se, porém, continuando sob a influencia das suas attracções mutuas, suppozermos que se eleva o equador dos astros moventes e que se achatam os pólos, a resultante das forças cosmicas não irá passar pelo centro de gravidade dos astros em movimento e surgirão variações nas posições dos eixos de rotação e na sua velocidade, isto é, complicar-se-ha fatalmente o problema.

Das fórmulas geraes deduzir-se-hão então, por via de longos e difficeis processos de calculo, as circumstancias caracteristicas de tão complicados movimentos e a dynamica dos movimentos planetarios avançará consideravelmente.

Depois das relações analyticas de successão, destinadas a relacionarem com as forças geradoras os movimentos planetarios, offerecem-se-nos as que teem por objecto os movimentos cometarios. Como no caso dos planetas, haverá a derivar das fórmulas geraes os elementos que se associam para definir uma

orbita cometaria, as perturbações dynamicas que se operam n'esta ordem de massas cosmicas, etc., etc. Uma tal derivação tem, em dynamica celeste, tanto maior importancia quanto é certo elevarmo-nos, por meio d'ella, até á determinação dos elementos fundamentaes que nos permittem reconhecer a identidade d'um cometa ao voltar, após a sua longa revolução elliptica, ás regiões do nosso céo.

Depois do estudo que tem por objecto os planetas primarios e os cometas, offerece-se-nos o que se refere aos satellites. E' este um difficil capitulo de dynamica celeste, pois que nos seus movimentos os satellites estão subjeitos a variadissimas influencias, influencias que derivam das complicadas acções que sobre elles exercem o Sol e o astro em torno do qual operam a sua revolução e os satellites do mesmo corpo e ainda os outros planetas ou cometas que, no mesmo systema, se agrupam. Como é facil vêr-se por tão resumido esboço, é vasta, complicada e difficil a dynamica celeste; extensa no objecto, é complicada nos processos analyticos e concepções mentaes de que usa, e difficil nas relações que offerece ao espirito de quem a cultiva. Ora, a ser assim, dada, por um lado, tão grande e vasta complicação e dada por outro a necessidade de introduzir no ensino médio um objecto de saber, tão altamente philosophico e tão essencial como elemento componente de uma instrucção integral, cumpre-nos, é claro, conciliar aquelles dous elementos oppostos; isto é, a complicação difficil que mal póde entrar no ensino médio e o fundo philosophico e integral que é indispensavel, por outro lado, conservar-lhe. N'uma tal situação, parece-nos poderem conciliar-se elementos tão contradictorios, restringindo o objecto da dynamica celeste por tal fórma que, no ensino secundario, venha a entrar só aquella porção de noções que, sendo mais facil, é ao mesmo tempo sufficiente para dar ao alumno uma idéa bastante do seu espirito philosophico e para preencher o vacuo, que, sem ella, fatalmente existiria entre a dynamica geral e a physica. Seguindo uma tal ordem de idéas, parece-nos que bastará introduzir no regimen

do ensino médio apenas a theoria geral do «movimento elliptico dos planetas sem perturbações», completando-a com resumidas indicações geraes ácerca d'um ou d'outro ponto da dynamica celeste. Reduzida a um tal grupo de noções, a sciencia que nos occupa offerecerá ao ensino médio uma das suas partes mais simples, mas ao mesmo tempo sufficiente para poder ser apreciada no seu espirito fundamental.

O alumno, restringindo-se apenas a um tal grupo de noções, poderá vêr como se instituem as relações fundamentaes da dynamica celeste, como se reduzem a fórmulas analyticas, como d'estas, finalmente, se derivam, por meio de rigorosas deducções, as relações particulares que caracterisam os elementos do movimento elliptico; isto é, contemplará as relações fundamentaes, os processos de instituição analytica das connexões a estabelecer entre os movimentos dos astros e as forças geradoras, as inferencias que de taes relações é possivel realisar e, portanto, o que ha de mais philosophico para definir o caracter geral de tão vasto e imponente grupo de conhecimentos humanos.

400.° Traçados assim os limites impostos, no ensino médio, á dynamica celeste, passemos a apresentar, d'uma maneira resumida, o complexo de noções contido dentro dos limites assim fixados.

Como em todas as outras sciencias abstracto-concretas, a dynamica celeste hade começar por constituir uma grande relação, a qual, traduzida posteriormente em fórmulas analyticas de successão, servirá de base ao encadeamento de relações particulares, inferidas, por deducção, d'essa verdade fundamental. Ora, assim como na dynamica geral — sciencia fundida nos mesmos moldes, as grandes experiencias empyricas que lhe servem de base tiveram, a final, como objecto definir outras relações fundamentaes de successão entre determinados phenomenos de movimento e as suas forças geradoras, assim, agora, cumpre dar como base á dynamica celeste uma grande relação de successão, base fundamental sobre que ella virá a as-

sentar em toda a sua vasta estructura. Ora, como relação de successão d'essa ordem parece-nos dever considerar-se a noção primordial, devida ao grande Newton, em que se fixa, dadas determinadas circumstancias dos movimentos celestes, a natureza da força que os produz. Como é sabido, o methodo para instituir esta grande relação consiste em analysar as condições em que o movimento kepleriano se realisa e em inferir d'ahi, por via d'um raciocinio simples, o sentido e a intensidade e a direcção da força que o produz; de maneira que, fixada a natureza da força, a esse elemento abstracto haja de *succeder* o complexo de movimentos das massas celestes como phenomeno concreto. Que a relação, assim estabelecida, hade ser considerada como uma connexão de successão, é evidentissimo; que uma tal relação não se póde considerar como primordial, é o que nos parece igualmente evidente: procedamos, pois, a indicar resumidamente como póde ser estabelecida.

Os factos de phoronomia celeste que cumpre analysar para estabelecermos esta relação fundamental de successão, são, com effeito, as relações de coexistencia, conhecidas na sciencia com o nome de «leis de Kepler», leis que já indicamos ao tratarmos da astronomia. São, como sabemos, tres: a que fixa a proporcionalidade entre os tempos e as áreas descriptas pelo raio vector do planeta; a que define, como sendo uma ellipse, a curva descripta em torno do Sol pelo planeta; e, finalmente, a que estabelece a proporcionalidade entre os cubos dos grandes eixos das orbitas planetarias e os quadrados dos tempos das revoluções dos respectivos planetas.

Analysando a primeira lei, d'ella immediatamente se inferirá que a *direcção* da força geradora d'um tal movimento só poderá ser a d'uma linha que una o centro do planeta ao centro do Sol; a relação kepleriana, destinada a definir os movimentos planetarios d'uma certa maneira, caracterisa-os, com effeito, desde logo, como sendo um caso particular, capaz de entrar na relação que em dynamica geral denominamos «theorema das áreas»: ora, como n'esta grande relação se estabele-

ceu que ás áreas descriptas proporcionalmente aos tempos corresponde uma força «central» que seguirá a direcção do raio vector, a direcção da força natural, productora dos movimentos planetarios, fica, assim, perfeitamente estabelecida. Em tal caso, todo o esforço do raciocinio visou apenas a subordinar este caso particular, registrado na natureza, a um caso mais geral determinado n'uma sciencia mais geral, vindo assim, por este lado, a dynamica celeste a fundir-se, como um caso particular, na dynamica geral.

Considerando a questão por outro lado, um novo facto astronomico, expresso na segunda lei de Kepler, dar-nos-ha immediatamente o *sentido* em que actua a força que o produz. Se a trajectoria descripta por um planeta no seu movimento de translação é, com effeito, uma ellipse, a força de inflexão actuará sobre o astro em ordem a attrahil-o para o fóco central, e, portanto, n'um sentido que, assim, fica perfeitamente definido.

Combinando, agora, entre si as duas leis indicadas por meio d'um raciocinio simples, virá a deduzir-se qual seja, por ultimo, a *intensidade* da força que nos occupa. O processo para de taes phenomenos astronomicos inferir o valor d'essa intensidade póde consistir essencialmente no seguinte: em tomar como ponto de partida tres relações analyticas, uma exprimindo a velocidade n'um movimento qualquer, outra a primeira lei de Kepler, outra a segunda lei de Kepler ou antes uma das fórmulas geraes da ellipse; em *particularisar* a primeira d'aquellas tres relações, introduzindo n'ella como elemento de restricção as outras duas connexões, o que nos dará ainda uma expressão analytica da velocidade, mas apenas applicavel ao movimento kepleriano; sabendo-se que uma força central R se póde ligar á velocidade por uma certa connexão algebrica, bastará combinar esta com as anteriormente obtidas para, effectuado um calculo simples, se conseguir estabelecer a relação fundamental

$$R = \mu \times \frac{1}{r^2};$$

fórmula destinada a exprimir que a força, destinada a actuar na direcção da linha que une o centro do Sol ao centro do astro, tem uma intensidade que varia na razão inversa do quadrado da distancia existente entre os centros dos referidos astros.

Como é facil de vêr, de factos astronomicos expressos nas duas leis de Kepler derivou, portanto, a definição precisa, em intensidade e direcção e sentido, da força que os produz, isto é, a definição d'essa força com todos os seus caracteres fundamentaes; por outro lado, vê-se igualmente que, no essencial, o processo empregado para a sua instituição consistiu em fundir nos casos mais geraes da dynamica abstracta e da geometria os casos concretos revelados, na economia da natureza, pelas descobertas do grande e immortal Kepler. Assim, conseguimos estabelecer como principio fundamental da dynamica celeste uma relação primordial de successão, cujos dous termos são: por um lado, como termo abstracto, uma força cuja natureza intima desconhecemos, mas cuja intensidade varia d'uma certa maneira; por outro, como termo concreto, os phenomenos de movimento que os corpos celestes nos apresentam, succedendo-se á acção d'uma força assim caracterisada. Se esta relação fundamental, deduzida da analyse dos phenomenos, não é rigorosamente empyrica, offerece-se, comtudo, ao espirito humano como fundindo-se e desapparecendo e tendo por base as relações mais abstractas da dynamica geral, as quaes veem, como sabemos, a ter para alicerce primitivo as experiencias empyricas que lhes servem de alicerce primordial; se não é, em summa, uma experiencia directamente empyrica, é-o, a final, indirectamente. D'outra fórma, seria radicalmente insufficiente para constituir a base fundamental d'um longo encadeamento analytico de verdades particulares.

A relação fundamental da dynamica celeste ficaria incompleta se a não completassemos com duas noções importantes: a primeira, consiste em considerar a força cosmica productora dos movimentos d'um astro qualquer como variando proporcionalmente ás massas, cuja acção está em jogo; a segunda, tem por

objecto «generalisar» a relação de successão anteriormente estabelecida, demonstrando que a força acima definida como destinada a attrahir um dado planeta para o centro do Sol, será *identica* á que attrahe todos os outros astros para o fóco central. Esta generalisação deduz-se, d'uma maneira simples, da 3.ª lei de Kepler. Como se viu, ao tratarmos da astronomia, o terceiro principio kepleriano é uma verdadeira relação de generalisação: na astronomia, como na dynamica celeste, o seu papel é, com effeito, altamente unificador, pois que lá estende as condições dos phenomenos e aqui as das forças productoras a todos os corpos do systema; depois, por um novo esforço de generalisação, a synthese applicada aos astros do nosso systema planetario sel-o-ha a outros systemas planetarios; em seguida, por um novo esforço generalisador, sel-o-ha ainda a massas de materias diversas. Em summa, de generalisação em generalisação, o espirito humano será levado até organisar essa larga synthese que nos apresenta a materia como «attrahindo a materia na razão directa das massas e na inversa do quadrado das distancias». Tal é a grande lei de successão que serve de base fundamental á dynamica celeste, lei que é ao mesmo tempo a mais grandiosa synthese que, tendo por objecto a causa dos phenomenos, foi até hoje dado ao espirito humano organisar.

401.° Constituida a relação fundamental de successão que, ligando a causa abstracta ao phenomeno concreto, vae servir de alicerce ao grande e magestoso edificio da dynamica celeste, segue-se guiar o alumno de maneira que venha a fixar completamente a relação primordial que o estudo dos phenomenos acaba de lhe ministrar. Esta importante operação da dynamica celeste reduz-se, como não podia deixar de ser, a uma synthese de operações parciaes, nas quaes entram em consideração os dous grandes methodos de applicação do abstracto ao concreto, a analyse dos phenomenos reduzidos a condições convenientes de abstracção e pureza, e, finalmente, as connexões algebricas do calculo — relações ultimas, cuja constituição nos propomos attingir. Primeiramente, um dos termos da relação

de successão que pretendemos estabelecer — o que se nos apresenta como movimento d'uma dada massa celeste, hade ser considerado, não em toda a sua realidade concreta, mas sob uma fórma abstracta. Assim, decompondo por analyse o movimento d'um astro no espaço, poremos de parte a fórma espheroidal da massa, para a considerarmos apenas como rigorosamente espherica; abstrahindo do movimento de rotação, attenderemos só ao de translação; sabendo que, ao actuarem entre si dous systemas de fórma espherica e compostos de camadas concentricas homogeneas, attrahem-se como se toda a massa estivera concentrada no seu centro de gravidade, só tomaremos em consideração, não massas quaesquer, mas apenas pontos moventes: o movimento concreto, sendo, como é sabido, um complexo de movimentos parciaes de muitos pontos coexistindo na massa que se desloca, virá, pois a reduzir-se a um dos seus elementos componentes, isto é, ao movimento de translação d'um ponto. Mais tarde, instituidas as relações analyticas destinadas a relacionarem d'uma maneira fundamental o phenomeno á sua causa geradora, novos elementos phenomenaes se irão introduzindo, o facto concreto ir-se-ha complicando mais e mais, de maneira que, havendo o espirito do alumno considerado a principio o mais abstracto, passará progressivamente a considerar o mais concreto, avançando sempre, como é lei geral no ensino médio, do abstracto para o concreto.

Posto isto, na construcção das fórmulas analyticas de que se trata dous caminhos podem seguir-se: ou suppôr muitos astros subjeitos ás suas attracções mutuas, attracções derivadas de forças como as que acima caracterisamos; ou então suppôr apenas um astro central e um outro que gira, completamente isolado, em torno d'elle. No primeiro caso, o processo por via do qual se instituem as relações analyticas, é mais geral e mais philosophico e satisfaz mais o espirito do pensador, mas ha n'elle pedagogicamente mais difficuldades; no segundo, ha menos generalidade, mas maior facilidade de realisação pratica. No primeiro caso, as relações que resolvem o problema fundamental

da dynamica celeste são, com effeito, perfeitamente geraes, pois que abrangem na sua vasta noção não só o simples movimento d'um astro livre de perturbações, mas os movimentos, mais complexos, por elle realisados quando os elementos da orbita ou as posições do seu eixo constantemente se modificam; no segundo, estudando-se apenas o movimento d'um astro sob a acção do astro central, pois que se eliminam as perturbações que o podem alterar, apenas conseguiremos instituir relações analyticas particulares e, como se vê, applicaveis a um caso abstracto dos movimentos celestes. Sendo, porém, este um processo mais simples, embora menos geral, parece pedagogicamente conveniente seguir, na instituição das relações analyticas fundamentaes, um meio termo, que poderá consistir no seguinte: por um lado, em as construir pelo processo mais simples; por outro, em indicar apenas as fórmulas já construidas, que definem, no caso mais complexo, as relações fundamentaes da dynamica. Será este, com effeito, o caminho que preferimos.

402.° Passando a indicar, no caso mais simples, a construcção das fórmulas fundamentaes da dynamica celeste, o processo da sua instituição é, com effeito, extremamente simples: para a realisar, bastará suppôr um ponto agente e um ponto que para nós será o astro que se move em relação a esse ponto agente; bastará suppôr que, na relação de successão a exprimir analyticamente, o termo abstracto é uma força que varia na razão directa das massas e na inversa do quadrado das distancias; representando por m e m' as massas dos pontos que mutuamente actuam um sobre o outro ou escrevendo $\mu = m + m'$ e representando, portanto, analyticamente a força actuante por $R = \mu \times \frac{1}{r^2}$ e projectando a força R em relação aos eixos xx' e yy' — o que importa o emprego do methodo de posição, e exprimindo as respectivas projecções pelo producto da força pelo coseno do angulo da inclinação e simplificando, teremos as relações

$$X = \mu \times \frac{x}{r^3}$$

$$Y = \mu \times \frac{y}{r^3}$$

Combinando, agora, as relações assim instituidas com as relações mais geraes do movimento d'um ponto — o que importa a applicação do methodo infinitesimal ou de composição, conseguiremos, finalmente, instituir as relações seguintes:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{\mu . x}{r^3} = 0$$

$$\frac{d^2y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3} = 0$$

Taes são as fórmulas fundamentaes que, no caso por nós considerado, definem analyticamente as relações a estabelecer entre o movimento de um astro e a força geradora cujas variações já conhecemos. Como se viu, o phenomeno geometrico houve de considerar-se em toda a sua simplicidade abstracta e particular; a força productora entrou nas relações a instituir, tal como se havia definido; os dous methodos geraes de applicação do abstracto ao concreto entraram em acção; por uma assimilação natural, as relações mais particulares entre um movimento celeste e a força geradora vieram, pela propria maneira de construir as relações analyticas que nos occupam, a entrar no caso mais geral das relações que ligam as forças geradoras a um movimento qualquer: assim, para instituir as presentes relações analyticas, não só foram postas em contribuição as noções mais fundamentaes anteriormente adquiridas, mas a dynamica celeste, como mais concreta, veio, com toda a evidencia, a subordinar-se á sciencia que, como mais abstracta, completamente a domina, isto é, á dynamica geral.

Se, em vez de seguirmos um caminho tão simples, hou-

vessemos considerado o movimento d'um astro subjeito a perturbações que, derivando d'outros astros do systema, viessem a modifical-o nos seus elementos, então as igualdades instituidas seriam, no seu primeiro membro, como as anteriores; o segundo não seria, porém, igual a 0, mas antes figuraria lá a resultante das forças que, emanando d'outros astros, perturbariam o movimento considerado. Representando por R uma tal resultante, as relações analyticas em questão seriam:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{\mu x}{r^3} = \frac{dR}{dx}$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} + \frac{\mu y}{r^3} = \frac{dR}{dy}$$

$$\frac{d^2 z}{dt^2} + \frac{\mu z}{r^3} = \frac{dR}{dz}$$

Se as acções perturbadoras que os differentes astros do systema exercem sobre aquelle cujo movimento se considera forem nullas, a resultante R reduzir-se-ha evidentemente a zéro; e, então, os segundos membros das equações anteriores serão nullos, isto é, de fórmulas geraes transformar-se-hão nas fórmulas particulares anteriormente consideradas.

Taes são as relações analyticas destinadas a estabelecerem a connexão fundamental, d'onde, por deducção, virão a derivar-se, dada a força productora, as circumstancias caracteristicas dos movimentos ellipticos dos planetas ou cometas. Para o alumno, será philosophicamente instructivo contemplar como de taes relações syntheticas tão simples se derivam, por meio de methodos rigorosos, os phenomenos da phoronomia celeste, taes como a astronomia os havia registrado. Assim, a força do raciocinio virá comprovar os resultados da experiencia, a «previsão scientifica» virá a manifestar-se em toda a plenitude, a operação deductiva apparecer-nos-ha, finalmente, objectivando-se n'uma das suas mais bellas applicações. Por isso, quando

outra não fôra a sua utilidade, como instrumento educativo de adaptação deductiva a dynamica celeste tem, na economia geral do ensino médio, uma importancia fundamental.

403.ª D'ora ávante, o trabalho do nosso alumno vae, portánto, consistir em derivar das fórmulas assim instituidas as circumstancias particulares que caracterisam aquella porção de movimentos celestes que, dados os limites impostos pela nossa concepção pedagogica, nos cumpre apresentar-lhe. Da synthese analytica, acima estabelecida, derivaremos naturalmente estes dous grandes grupos de factos: para um lado, os elementos que, associando-se, constituem a geometria das orbitas celestes; para o outro, as circumstancias em que, nas suas relações com o tempo, se produz o movimento elliptico das massas que as geram. Por o que respeita ás condições geometricas que constituem as orbitas, deduzir-se-ha das fórmulas geraes não só as circumstancias destinadas a caracterisarem os elementos que se associam para as formar, mas as circumstancias que visam a fixar a sua posição no espaço: caracterisando as circumstancias que definem os elementos das orbitas, teremos de deduzir que são curvas planas, que como taes são do genero d'aquellas que denominamos secções conicas, que o seu eixo maior tem uma certa grandeza, que a sua excentricidade se define d'uma certa maneira; precisando os elementos da sua posição, haverá a deduzir, quer a inclinação que apresentam em relação a um plano fixo no espaço, quer a posição da sua linha nodal, etc.

Deixando as condições geometricas que, em si ou na sua posição, caracterisam as orbitas e passando a deduzir das fórmulas geraes as circumstancias dos movimentos realisados pelos centros geradores d'essas orbitas, haverá ainda a estabelecer: a posição do astro, na orbita, em funcção do tempo; as relações entre os tempos e áreas descriptas pelos raios vectores; e, finalmente, a natureza da velocidade da massa que se move.

Todo este conjuncto de condições, rigorosamente deduzidas das relações fundamentaes da dynamica celeste, e caracteri-

sando d'uma maneira tão precisa em todos os seus elementos as condições em que se realisa o movimento de translação dos planetas e cometas, perante as observações de que anteriormente brotaram os mesmos phenomenos bastará para dar ao alumno uma alta idéa da dynamica celeste, do seu rigor analytico, da sua grandeza philosophica. Passemos, portanto, a indicar rapidamente o processo para as estabelecer.

404.° Deduzamos, primeiramente, das relações fundamentaes, os elementos que caracterisam a geometria da orbita. Como primeiro elemento caracteristico d'uma tal coexistencia geometrica, poderá, por meio d'um processo simplicissimo, deduzir-se das fórmulas fundamentaes «que a curva descripta pelo planeta está n'um plano que passa pelo centro do Sol». Para isso, bastará tomar duas das relações fundamentaes, multiplicar a primeira por y e a segunda por x, subtrahir separadamente e integrar; fazendo a mesma série de combinações com a terceira, obter-se-hão tres fórmulas symetricas, das quaes, por meio d'um calculo rudimentar, virá, finalmente, a deduzir-se a relação

$$c''x + c'y + cz = 0$$

isto é, a equação que define um plano, ficando assim provado ser plana a curva que nos occupa.

Das mesmas relações fundamentaes será igualmente facil deduzir que a curva plana descripta pelo planeta é «uma secção conica», ellipse ou parabola, conforme o caracter que á velocidade inicial deu a impulsão primitiva. Com effeito, bastará deduzir das relações fundamentaes a equação geral da trajectoria d'um astro; bastará assimilar a ella as equações, já conhecidas, de certas curvas geometricas, podendo, por exemplo, tomar-se como tal a relação geral que define as secções conicas; realisando as hypotheses necessarias para que se identifiquem a fórmula destinada a definir a trajectoria d'um astro sob o impulso da força newtoniana e a fórmula que define as secções conicas, concluir-se-hão relações pelas quaes seremos levados

a estabelecer que é uma secção conica, parabola ou ellipse, a curva que o astro descreve.

Representando, com effeito, por k a área descripta pelo raio vector *r*, por μ a intensidade da força, por ϑ o angulo formado pelo raio vector e por uma linha como, por exemplo, o grande eixo, derivar-se-ha das relações fundamentaes a relação destinada a definir a trajectoria d'um astro, a qual será a seguinte:

$$r = \frac{\frac{c^2}{\mu}}{1 + \sqrt{1 - \frac{kc^2}{\mu}} \cos. (\vartheta - \alpha)}$$

Tomando a expressão geral de curvas já conhecidas, como o são, por exemplo, as secções conicas, podemos definil-as pela relação

$$r = \frac{a(1 - e^2)}{1 + e \cos. (\vartheta - \alpha)}$$

Para relacionar estas duas expressões e, portanto, para que a primeira — que exprime a trajectoria d'um astro sob o impulso da força newtoniana, venha a identificar-se com a segunda — que exprime uma secção conica, bastará suppôr que

$$\frac{c^2}{\mu} = a(1 - e^2)$$

$$e = \sqrt{1 - \frac{kc^2}{\mu^2}}.$$

Dadas estas relações, a curva que define a trajectoria d'um astro definirá ao mesmo tempo uma secção conica, isto é, a fórmula analytica que exprime a trajectoria descripta pelo astro exprimirá igualmente, no fundo, uma verdadeira secção conica: parabola, se *k* fôr igual a zéro, visto que em tal caso a excentricidade será igual á unidade; ellipse, se a excentrici-

dade fôr menor que a unidade, o que dependerá ainda do valor de k.

Das relações analyticas, até aqui estabelecidas, será igualmente facil deduzir a grandeza do «eixo maior» e a grandeza da «excentricidade» da trajectoria. Pois que as duas fórmulas anteriores se nos apresentam como um elemento componente da relação analytica que define a trajectoria elliptica ou parabolica do astro, uma d'ellas dar-nos-ha a excentricidade — expressa na intensidade e na área descripta pelo raio vector, e a outra dar-nos-ha o valor do grande eixo — expresso na excentricidade e na área e na intensidade da força.

Por outro lado, um calculo simples determinará a posição da orbita em relação a um plano fixo e linha nodal, exprimindo taes posições nas projecções das áreas descriptas pelo raio vector do planeta.

E, assim, se deduzirão das fórmulas fundamentaes todos esses elementos que, no seu conjuncto, definem, em si e na sua posição, a trajectoria que descreve o astro na sua translação em torno do fóco central.

405.° Se das fórmulas fundamentaes que estabelecemos pretendermos ainda deduzir as circumstancias destinadas a definirem os factos propriamente phoronomicos que o astro realisa, então será indispensavel caracterisar, em funcção do tempo, a sua posição e a sua velocidade.

A posição do astro ficará naturalmente determinada, se conseguirmos fixar-lhe as coordenadas polares, isto é, o raio vector e o angulo que este faz com uma dada linha, por exemplo, o grande eixo. Ora, para o conseguir, imagina-se um astro ficticio que, n'uma circumferencia com o grande eixo para diametro, descreve em tempos iguaes arcos iguaes. Chamando «anomalia excentrica» ao angulo que o grande eixo vae formar com uma linha tirada do centro para um ponto onde uma outra, perpendicular ao grande eixo e passando pelo centro, corta a circumferencia ficticia; deduzindo das relações fundamentaes combinadas com outras as fórmulas

$$r = a(1 - e\cos. u)$$

$$u = ut + e\,\text{sen.}\, nt \ldots\ldots;$$

representando, n'estas fórmulas, por n um arco da grande circumferencia ficticia descripto pelo astro imaginario na unidade de tempo—arco que para a Terra será de 0,, 59',, 8'', e representando por t o tempo decorrido entre duas observações, como são conhecidos a excentricidade *e* e o grande eixo *a* ter-se-ha, pela segunda relação, o valor da anomalia excentrica, o qual, substituido na primeira, dará o valor do raio vector, isto é, o d'uma das coordenadas que definem a posição do astro.

Para determinar o outro elemento, isto é, o angulo formado pelo raio vector com o grande eixo, ou antes «a anomalia verdadeira», bastará usar da fórmula

$$v = nt + 2e\ \text{sen.}nt$$

em que v exprime o elemento pedido, definido em funcção do tempo.

E, assim, pelas suas coordenadas polares se determinará a posição do astro na sua orbita.

O outro facto phoronomico que em relação a elle cumpre definir, é a velocidade; ora, para isso, bastará empregar a relação

$$v = \sqrt{\mu\left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a}\right)}$$

deduzindo-a das fórmulas fundamentaes. Se o astro descreve uma ellipse pouco excentrica, ou antes se é um planeta, passará periodicamente, no seu movimento revolucivo, pelos mesmos pontos: quando r fôr maximo, a velocidade será minima e então o astro passará no aphelio; quando r fôr minimo, a velocidade será maxima e o astro passará no ponto opposto ao primeiro; entre aquelles dous extremos irá variando para mais

ou para menos, conforme o raio vector fôr variando para menos ou para mais.

Se o astro descreve uma ellipse de grande excentricidade, isto é, quasi uma parabola, ou antes se é um cometa, a velocidade será igualmente variavel: será maxima no vertice da curva; será quasi 0, quando estiver a uma distancia immensamente grande.

Taes são, em resumo, as condições que definem os movimentos das massas celestes, quer sob o aspecto geometrico, quer sob o aspecto phoronomico, condições registradas nas observações astronomicas e, agora, rigorosamente comprovadas pelas deducções que se operaram, tomando para ponto de partida as syntheses fundamentaes da dynamica celeste.

406.° As conclusões que o alumno acaba de vêr estabelecer definem apenas, como se sabe, o movimento elliptico das massas celestes, quando o consideramos no seu estado de maior abstracção e pureza, isto é, quando um astro se desloca em torno do astro central sem que os elementos do seu movimento se modifiquem sob a acção d'outros astros do systema. Segundo o nosso modo de entender e no estado de complicação que ainda actualmente apresenta a dynamica celeste, esta limitada porção da sciencia bastará ás exigencias do ensino médio. Sem penetrar muito a fundo no mais que, na sua vasta extensão, poderia offerecer-nos a dynamica celeste, cumpre, comtudo, completar as noções anteriores com mais algumas vistas geraes, tendo ainda por objecto o movimento elliptico.

Partindo, portanto, das condições de abstracção em que consideramos os astros para realisarem o movimento elliptico em toda a sua pureza, vamos introduzindo hypotheses que modifiquem o ponto de vista anterior e observando o aspecto, mais e mais concreto, sob o qual se nos apresentam os movimentos que os astros realisam.

Suppondo, pois, n'uma primeira approximação, que o astro movente opéra a sua translação sob a influencia perturbadora d'outros astros do systema, considerem-se ainda todos

elles com a fórma sensivelmente espherica, mas abstraha-se das suas posições relativas, posições que voltam a occupar ao cabo de certo periodo de tempo. N'uma tal hypothese, só haverá a considerar o movimento de translação, não simples mas «perturbado»; e, assim, os elementos da orbita, outr'ora considerados fixos, variarão, agora, com o tempo e serão «permanentes» as suas variações: como resultado final, vir-nos-ha a alteração das condições do systema ao cabo d'uma longa série de seculos, e por isso taes variações denominar-se-hão «desigualdades seculares».

A fim de as avaliar, longos processos de analyse determinam, em tal caso, o valor dos elementos infinitesimaes da orbita, e d'uma tal série de operações resulta: que, no eixo maior, não se produzirá alguma variação secular; que não se dará, igualmente, nos movimentos médios que d'elle dependem; que, na excentricidade, haverá variações tendendo a produzir uma maior ellipsidade; que, sendo sempre pouco consideraveis, nunca as inclinações das orbitas planetarias, em relação a um eixo fixo, ultrapassarão certos limites; que, finalmente, as linhas nodaes e as longitudes dos priphelios estarão subjeitas a esta ordem de variações, podendo, no futuro, modificar-se d'uma maneira sensivel.

Se, agora, conservando-nos sempre na hypothese anterior, a modificarmos, introduzindo o principio de que as perturbações no movimento elliptico derivam tambem das «posições relativas» que occupam os differentes astros do systema, posições que voltam a ser as mesmas ao cabo d'um certo periodo, então nos elementos arbitrarios haverá a considerar variações, não já permanentes mas «periodicas», variações denominadas pelos astronomos «desigualdades periodicas». N'uma tal ordem de variações, os elementos da orbita passam, n'um dado periodo, pelos mesmos valores, oscillando entre certos limites que não podem exceder: estão subjeitos a variações periodicas o eixo maior, as excentricidades, a posição da orbita, a dos periphelios, etc.

Tal é o movimento de translação das massas planetarias, quando subjeitas a perturbações. Havendo-as considerado, até aqui, como rigorosamente esphericas, se, por ventura, modificando-se na fórma, se elevarem no equador e achatarem nos pólos, ficarão, desde logo, nos seus movimentos, subjeitas a variações, quer na posição dos eixos de rotação, quer nas suas velocidades respectivas: se taes posições se consideram no interior do globo, então não estão subjeitas a variações seculares ou periodicas; se consideramos essas posições em relação ás estrellas, então novas modificações haverá a operar nos movimentos das massas celestes, devendo, em ultima analyse, entrar em consideração com a precessão, nutação, etc.

Tal é, em resumo, em relação á dynamica celeste, o que nos parece poderá constituir, no ensino médio, o objecto do ensino. É pouco, com certeza, se compararmos tão limitada porção de noções com a vasta complexidade de tão admiravel ramo do saber humano; é, porém, sufficiente, se houvermos de attender ás difficuldades que apresenta, ao tempo de que será possivel dispôr e, finalmente, a que um tão restricto conjuncto de idéas bastará para dar ao alumno a consciencia philosophica de tão grande como admiravel construcção mental.

407.° Tal é a dynamica celeste na sua importancia como elemento de ensino médio, no seu conjuncto geral e nas noções fundamentaes que, em tal ramo de ensino, cumpre aproveitar. Como objecto do saber, é puramente representativa; como conjuncto de noções, é puramente racional; nas suas relações com as outras sciencias, subordina-se á dynamica geral e subjeita a si, como immediatamente subordinada, a physica das massas terrestres, avançando-se do abstracto para o concreto e do geral para o particular quando o espirito humano desce das relações mais largas da dynamica geral para as mais restrictas da dynamica terrestre. Por o que respeita ao fundo geral da sua constituição, é como o de todas as sciencias que se occupam de relações de successão a estabelecer entre as cau-

sas geradoras e os phenomenos produzidos: primeiramente, occupa-se, com effeito, de se elevar dos factos concretos — n'este caso os movimentos dos corpos celestes — até á natureza da força que os gerou; depois, conhecida essa força nos seus elementos caracteristicos, toma-a como ponto de partida e relaciona-a, por meio de connexões analyticas, com os movimentos que produz — de maneira que, assim como a dynamica geral, uma vez determinadas as forças geradoras, tratava de as relacionar com os movimentos correspondentes e isto de maneira a habilitar-se a calcular pelo conhecimento das forças a natureza dos movimentos, assim a dynamica celeste, uma vez determinada a natureza da força, occupa-se de inferir da sua noção os movimentos celestes que ella produz; instituidas taes relações fundamentaes, a ellas se prende, em seguida, um longo encadeamento de relações de successão que d'ellas se derivam, visando a definir á *priori*, em todas as circumstancias caracteristicas, os movimentos que as observações astronomicas houverem determinado. Como instrumento educativo de adaptação deductiva, a dynamica celeste é, por outro lado, do mais alto valor pedagogico. Assim, como elemento philosophico de saber e como instrumento de educação intellectual, a dynamica celeste deverá fatalmente entrar, mesmo resumida, como elemento essencial na economia d'esse grande ramo de ensino que se propõe offerecer ao alumno a noção scientifica da dynamica geral do mundo.

CAPITULO III

A PHYSICA DAS MASSAS PONDERAVEIS E TERRESTRES

Objecto da physica das massas ponderaveis. — Relações, sob este ponto de vista, entre o ensino primario e o secundario. — Limites d'esta sciencia, no ensino secundario. — Physica das massas solidas: determinação da força productora; relações analyticas fundamentaes; deducções. — Physica das massas liquidas: relações fundamentaes; deducções. — Physica das massas gazosas: relações fundamentaes; deducções.

408.º Á dynamica celeste succede naturalmente a dynamica terrestre. Pedagogicamente, considerado o objecto de que aquella se occupa, seguir-se-ha apresentar ao alumno o objecto cujas propriedades esta define e especifica. Como desde já se prevê, a dynamica terrestre é uma sciencia da natureza d'aquellas a que denominamos, no presente Tratado, «abstracto-concretas»; o seu objecto consistirá, portanto, em estabelecer «relações de successão entre os movimentos das massas terrestres e as forças naturaes que geram esses movimentos». Assim, na dynamica terrestre como em todos os ramos da dynamica, o objecto das nossas concepções mentaes offerece-nos dous termos e uma relação entre elles: para um lado, o phenomeno em si, n'este caso um conjuncto de movimentos gerados por massas que se deslocam na superficie da Terra, isto é, o termo concreto; para outro lado, a causa em si, n'este caso as forças naturaes que produzem taes movimentos; entre estes dous termos, uma relação, finalmente, de successão, destinada a prendel-os entre si como um consequente a um antecedente, rela-

ção que, instituida analyticamente por via dos dous grandes methodos de applicação do abstracto ao concreto, permittirá, mais uma vez, resolver o problema dynamico que visa a determinar por meio das forças geradoras as circumstancias caracteristicas dos movimentos que originam.

409.° A apresentação ao alumno de relações de successão instituidas entre factos de movimento gerados por massas terrestres e as forças que os produzem, não é nova para elle; o ensino da physica das massas ponderaveis, na instrucção primaria (§ 277.° e seg.), teve exactamente por objecto relações de successão que, na essencia, são da mesma natureza. Em harmonia, porém, com o caracter essencialmente empyrico d'aquelle grande ramo da nossa instrucção encyclopedica, as relações de successão, ao contrario das que, presentemente, nos occupam, eram para nós «empyricas» — empyricas no consequente e no antecedente; na dynamica terrestre, tal como agora vamos consideral-a, como ambos ou mesmo um só dos termos d'aquellas duas ordens de relações são essencialmente representativos, claro é que serão essencialmente «racionaes» e, portanto, em face da separação fundamental lançada entre a instrucção primaria e secundaria, só aptas a entrarem n'este ramo de ensino como objecto de apresentação pedagogica. Assim, na instrucção primaria, relações de physica como esta: «se augmenta a intensidade do fóco calorifico que actua sobre a massa mercurial do thermometro, esta massa dilatar-se-ha», apresentavam-se ao alumno como verdadeiras relações de successão, em que os dous termos se lhe offereciam como verdadeiramente «empyricos», e eram elles, o facto que se revela no augmento de intensidade calorifica do fóco e o que se revela nas variações que apresenta o volume da massa mercurial; na instrucção secundaria, conservando ainda o consequente a sua natureza empyrica, o antecedente não será já para o alumno «um augmento ou diminuição de intensidade calorifica n'um dado fóco» — facto puramente sensivel, mas será antes um «conjuncto de movimentos moleculares em variado numero e propagando-se

n'um meio imponderavel com variada rapidez, isto é, um antecedente, não já empyrico, mas puramente «racional». Assim, na dynamica terrestre como em todos os ramos do saber, o objecto da instrucção primaria e secundaria completam-se, na nossa concepção pedagogica, mutuamente; um é a base empyrica d'um edificio de que o outro é a cupula racional e scientifica.

Considerando ainda, por outro lado, as relações de successão que, na instrucção primaria e secundaria, constituem o objecto da dynamica terrestre a apresentar ao alumno, é evidente que se lhe offerecem sob um novo aspecto que, fundindo-as n'uma larga unidade, as completa: as relações empyricas da dynamica terrestre, revelam-se-lhe, com effeito, como relações desconnexas, mais ou menos isoladas entre si, como verdadeiros factos «particulares», destinados a constituirem, não a sciencia, mas o material da futura sciencia; as relações racionaes de que vamos, presentemente, occupar-nos, unificando e fundindo na sua noção os factos particulares que a instrucção primaria offereceu ao alumno, representarão para elle o «geral», o organisado, a sciencia, em summa, com os seus largos processos de unificação e de synthese. N'esta maneira, altamente philosophica e pedagogica, de conceber as relações que devem existir entre a physica das massas ponderaveis propria do ensino primario e a physica das massas ponderaveis propria do ensino secundario, ha, como se vê, uma perfeita unidade logica e methodica de conjuncto, bem affastada d'essa anarchia pedagogica que caracterisa, nos nossos centros educativos actuaes — primarios ou secundarios, o ensino da physica das massas; ao lerem-se, com effeito, os livros de ensino e os programmas impostos pelas administrações docentes, ninguem saberá já descortinar onde acaba a instrucção primaria e começa o ensino médio ou qual o objecto, definido, d'um e d'outro; tal é a incoherencia, a desordem de idéas, a confusa anarchia que n'elles se manifesta.

410.º Estabelecidas, assim, as relações que, ao conside-

rarmos a dynamica das massas ponderaveis e terrestres, devem fatalmente existir entre a instrucção primaria e o ensino médio, cumpre ainda deixar aqui consignada uma observação importante. O leitor hade, com effeito, ter notado que, ao realisarmos a apresentação pedagogica das differentes sciencias que constituem os varios ramos da dynamica, avançamos caracterisando parallelamente, ora uma sciencia que se occupava de phenomenos, ora uma que se occupava de relações de successão entre esses phenomenos e suas causas geradoras: e, assim, a phoronomia, que é uma sciencia de phenomenos, constitue um par com a dynamica geral, que é uma sciencia de relações; a astronomia — sciencia do concreto, constitue um outro com a dynamica celeste — sciencia do abstracto-concreto; a propria geometria synthetica póde mesmo considerar-se como constituindo um par, bem definido, com a geometria analytica, que é a sua sciencia abstracto-concreta correlativa. Ora, a ser assim, qual a razão por que, ao passarmos á dynamica das massas terrestres e ponderaveis, um tal parallelismo de repente se suspende, e este ramo da dynamica terrestre nos apparece sem que se lhe offereça para base uma sciencia dos movimentos terrestres, destinada a occupar, em relação á dynamica terrestre, o logar que a phoronomia ou a astronomia occupavam em relação á dynamica geral ou celeste? A razão d'esta suspensão, verdadeiramente apparente, é facil de perceber: no fundo, não ha sciencia abstracto-concreta sem uma sciencia concreta que lhe seja correlativa. A analyse dos phenomenos que são o concreto, é base fundamental da instituição das relações de successão entre os phenomenos e as forças geradoras, relações que são o abstracto-concreto. Cumpre, porém, observar, no caso presente, que, se ao tratarmos do ramo da sciencia geral que presentemente nos occupa, parece faltar o estudo dos phenomenos que denominamos «movimentos terrestres de massas ponderaveis», é porque um tal estudo já foi realisado «empyricamente» pelo alumno; na instrucção primaria offerecemos-lhe, com effeito, o especta-

culo de muitas fórmas de equilibrios e movimentos de massas solidas e liquidas e gazosas, isto é, todo esse grupo de noções que constituem o objecto d'aquelle ramo da physica, quando empyricamente estudado: ora, realisado na instrucção primaria um tal estudo, só resta á instrucção secundaria completal-o, não só unificando aquella ordem de factos, mas estabelecendo analyticamente as relações dynamicas e racionaes que os tomam para base. Em summa, como nem a phoronomia, nem a astronomia em toda a sua conceptibilidade eram sciencias capazes de entrar no ramo empyrico do nosso saber encyclopedico, tiveram de ser apresentadas a par das respectivas relações dynamicas, no ensino médio; havendo, porém, na physica das massas, bem distinctos, o elemento empyrico e o racional, e comprehendendo-se no empyrico o phenomenal e o concreto, á instrucção primaria corresponde esse concreto e para a secundaria ficará apenas o abstracto-concreto. O que parecia á primeira vista inexplicavel e illogico, apparece-nos, pois, a toda a luz e em plena concordancia com o conjuncto da nossa concepção geral: á instrução primaria, o que é empyrico; á secundaria, o que é racional e scientifico. Isto, agora, e sempre.

411.° Definido, assim, o objecto da dynamica terrestre das massas ponderaveis e a distribuição das noções que a constituem pelos dous grandes ramos da nossa instrucção encyclopedica, cumpre que passemos a limital-o, a fim de se definir qual o grupo de noções que, separadas do conjuncto geral da sciencia, venham a pertencer ao ensino secundario. Sendo evidente que podem ser variadas as forças sob cuja acção se movem as massas terrestres, estando, por outro lado, fixado como objecto geral do nosso ensino encyclopedico—primario e médio, o apresentar ao alumno o conjuncto de noções que constituem a dynamica e estructura do mundo, claro é que só as relações de successão que é possivel instituir entre os movimentos das massas terrestres e as forças «naturaes» que os produzem deverão constituir, na dynamica terrestre, o objecto de ensino; ora, como

taes, é licito considerar as forças cuja resultante actua na direcção da vertical e tende a dirigir essas massas ao longo da linha que liga o seu centro de gravidade ao centro do globo que habitamos.

Esta restricção implica naturalmente uma restricção consequente nas fórmulas analyticas geraes, que, assim, véem a ser notavelmente simplificadas. Em resumo, dada a natureza essencial do objecto que attribuimos á nossa concepção organica do ensino médio e primario, o ensino, quando tenha por alvo apresentar ao alumno as relações analyticas que constituem o objecto da dynamica terrestre das massas ponderaveis, deverá circumscrever-se a offerecer-lhe, clara e nitidamente, a noção «d'essa ordem de relações que é possivel estabelecer entre os movimentos das massas terrestres ponderaveis e a resultante das acções dynamicas parallelas á vertical—resultante a que denominamos *gravidade*».

Assim limitado o objecto da physica das massas, excluir-se-hão muitas noções que, por demasiadamente especiaes, não devem entrar no ensino médio, de sua natureza essencialmente geral e integral e «theorico».

412.º Posto isto, resta-nos entrar na exposição pedagogica da dynamica das massas terrestres e ponderaveis, indicando resumidamente as considerações que o assumpto nos suggere; sendo as massas ponderaveis — solidas e liquidas e gazosas, e sendo as solidas mais simples que as liquidas e as liquidas mais simples que as gazosas, claro é que deverá começar-se pelas relações a instituir entre os movimentos produzidos pelas massas solidas e as suas forças geradoras.

Assim como, na dynamica geral e na dynamica celeste, os problemas fundamentaes a resolver consistiam em determinar a natureza da força productora, sendo dados os movimentos que sob a sua acção se geram, e em determinar a natureza d'esses movimentos dada a força productora, assim na dynamica terrestre teremos de guiar o alumno de maneira que resolva estes dous problemas oppostos. Primeiramente, virá aquelle em que,

subindo-se do concreto para o abstracto, pela natureza dos movimentos se determina a força productora; depois, conhecida essa força, o espirito do alumno descerá, em harmonia com o espirito geral do ensino médio, do conhecimento da força para a natureza dos movimentos e, portanto, do abstracto para o concreto; por outro lado, uma vez resolvidos estes problemas, as relações particulares da dynamica terrestre virão, como veremos, a fundir-se nas relações da dynamica geral, vindo, por isso, a subordinar-se, em ultima analyse, a essas relações empyricas e primordiaes que, em numero limitadissimo, vimos constituirem a base irreductivel da dynamica geral.

Ora, para resolvermos o primeiro problema fundamental da dynamica terrestre, isto é, aquelle que dos movimentos das massas terrestres e ponderaveis se eleva até a natureza da força que os produz, claro é que temos, como acontece sempre ao tocarmos o limiar de cada um dos compartimentos da sciencia geral, de fixar os factos concretos e empyricos, de cuja consideração ao espirito será possivel subir até determinar a natureza da força geradora. O facto concreto que, na dynamica terrestre, nos vae levar até determinarmos a natureza da força productora dos movimentos das massas terrestres — solidas e ponderaveis, é a relação empyrica de coexistencia que o alumno já teve, na instrucção primaria, occasião de observar « entre os espaços percorridos por uma massa solida abandonada no espaço e os quadrados dos tempos empregados em percorrel-os », ou então essa outra « relação de proporcionalidade existente entre o tempo e a velocidade das massas solidas ». A simples inspecção d'estes dous principios experimentaes levará, desde logo; o alumno a subordinal-os ás relações, mais geraes e analogas, da dynamica, e d'uma tal subordinação derivará desde logo a conclusão de que a força productora de taes movimentos hade ser « constante em intensidade e direcção », pois que « não são mais do que um caso particular dos movimentos uniformemente variados ».

Determinada, n'uma primeira inspecção, a natureza da força

productora, segue-se, desde logo, relacional-a analyticamente com os phenomenos de movimento que produz; assim, verá o alumno deante de si mais uma nova relação de successão, instituida entre os phenomenos e as suas causas, similhante a tantas outras fixadas nos differentes ramos da dynamica, e, finalmente, abrangendo na sua generalidade abstracta todas as relações, particulares e empyricas, que constituem o objecto da dynamica terrestre. A relação de successão de que se trata, instituida pelos methodos geraes de posição e composição infinitesimal, é a seguinte:

$$F = m \frac{d^2e}{dt^2}$$

Esta connexão analytica corresponde realmente á que, em dynamica geral, se estabelece entre o phenomeno do movimento uniformemente variado e as forças productoras, invariaveis, como sabemos, em intensidade e direcção.

413.º Estabelecida a relação analytica fundamental, cumpre deduzir d'ahi os factos particulares de equilibrio e movimento que n'ella se comprehendem como se fôra uma verdadeira synthese geral.

Com effeito, uma simples integração, operada na relação fundamental, porá immediatamente em evidencia as relações empyricas que nos serviram de ponto de partida, isto é, a lei dos espaços e a das velocidades. Por outro lado, o «equilibrio» das massas terrestres e solidas apparecerá igualmente contido n'aquella synthese, pois bastará considerar, a fim de o conseguir, $F = 0$; o facto de equilibrio só se produz, com effeito, quando uma resistencia qualquer neutralisa, por completo, a força que produz o movimento — n'este caso a «gravidade», circumstancia que se exprime analyticamente, igualando a zero a força de que se trata, convenientemente representada.

Por outro lado, como a instrucção primaria o mostrou ao alumno, o equilibrio das massas terrestres e solidas póde ser

« estavel » e « instavel » e mesmo « indifferente ». Para derivar estes casos da relação geral, bastará considerar que, actuando a força no sentido da vertical e, portanto, na direcção do eixo dos *zz*, sendo por outro lado a massa constante, quanto maior fôr *z*, isto é, quanto mais a massa descer, maior será o trabalho da gravidade; pelo contrario, quanto mais se elevar, menor será. Assim, o trabalho da gravidade sob cuja acção a massa se move subindo ou descendo ao longo do eixo dos *zz*, vae passando por differentes gradações no seu valor: se desce até attingir o maximo da descida, o trabalho será maximo e, então, se houver uma resistencia que o neutralise, isto é, se fôr trab. F = 0, será « estavel » o equilibrio do movel que se desloca sob a acção da força de gravidade, pois que todo o trabalho capaz de deslocar a massa movente, havendo attingido o « maximo », ter-se-ha esgotado; se, por outro lado, se eleva até attingir o maximo da subida, o trabalho será minimo e, então, se por ventura fôr neutralisado por uma resistencia, isto é, se fôr trab. F = 0, será « instavel » o equilibrio, pois que o trabalho capaz de mover a massa apenas se haverá destruido n'uma pequena parte, podendo o trabalho restante effectuar novos movimentos.

Taes são as deducções dynamicas que, derivadas da relação analytica fundamental, podem apresentar-se ao alumno. Assim, faremos surgir as experiencias empyricas que, na instrucção primaria, pudémos registrar ácerca de movimentos de massas terrestres e ponderaveis, derivando-as d'uma fórmula analytica, geral abstracta, que as unifica n'uma synthese racional e superior.

414.° Instituida a relação analytica fundamental que domina a dynamica terrestre das massas solidas fixadas, por outro lado, as relações empyricas que d'ella se derivam, segue-se naturalmente interpretrar mais profundamente a natureza da força que nos apparece como sendo a causa productora dos movimentos terrestres, isto é, a natureza da força de « gravidade ». Como é sabido, elevando-se acima da analyse que effectuára

nos movimentos das massas terrestres e solidas, conseguirá apenas, até aqui, o nosso alumno fixar na que nos occupa estes dous elementos fundamentaes: a «sua direcção», como sendo a d'um raio da Terra tirado para o ponto onde o movel effectua a sua quéda; a sua «intensidade», considerando-a apenas como sendo «constante». Não será, porém, possivel, penetrando mais a fundo na essencia d'essa força, fixar, por exemplo, a relação em que estão para com a distancia ao centro attractivo da Terra as variações d'essa intensidade? A solução d'este problema, que tem aqui o seu logar pedagogico, constitue uma das mais bellas descobertas do illustre Newton, e, ao mesmo tempo, uma das concepções philosophicas, mais vasta e brilhante, da dynamica do mundo; a essencia do problema consiste, com effeito, em assimilar a força de gravidade á força de gravitação, em identificar a energia que attrahe as massas terrestres para o centro do nosso globo á energia que attrahe os astros dos systemas planetarios para o centro commum, em fundir, finalmente, a synthese geral que domina a dynamica terrestre nas syntheses mais largas que constituem a dynamica celeste: ora, realisar uma tal subordinação é unificar uma larga porção do nosso saber, é, em summa, pela fusão de syntheses menos largas em syntheses que o são mais, organisar a sciencia que tem por objecto a dynamica do mundo.

Dada a sua importancia, a maneira pela qual deva ser apresentada ao alumno uma tal assimilação é extremamente simples.

Considerem-se, com effeito, duas massas solidas, uma celeste, que será a Lua, e outra terrestre, que poderá ser um objecto solido qualquer; supponha-se que, actuando n'ellas duas forças, as respectivas accelerações se produzem, para uma e outra, na direcção do raio do globo terrestre, que será a massa attrahente: pois que as distancias de cada massa consideradas para centro da Terra estão entre si como 60 para 1, suppondo por um pouco que as accelerações, representadas por G e g va-

riam na razão inversa do quadrado das distancias, ter-se-ha que

$$\frac{G}{g}=\frac{1}{60^2}$$

ou

$$g=G\times 60^2;$$

Ora, a acceleração G será facilmente conhecida, o que nos permittirá determinar a acceleração da massa existente na superficie da Terra. A conclusão anterior foi obtida na hypothese de que são da mesma natureza as duas forças — gravitação e gravidade, e que, portanto, variam na razão inversa do quadrado da distancia. Se, agora, procedendo n'outro terreno a observações diversas e rigorosas, attingirmos conclusões identicas, a hypothese ficará sendo realmente verdadeira e a força de gravidade será rigorosamente assimilavel á força de gravitação: para o conseguir, bastará calcular, por meio do pendulo ou por outras vias, o valor da acceleração produzida n'uma massa pela attracção terrestre; a identidade nos valores d'essa acceleração, obtida por este methodo e pelo anterior, virá confirmar a assimilação que o nosso espirito havia supposto.

E, assim, a dynamica das massas terrestres e solidas irá fundir-se, como um caso particular, nas relações mais geraes da dynamica celeste, como por seu turno estas se irão fundir nas relações, ainda mais abstractas, da dynamica geral.

415.° Depois das relações de successão que constituem o objecto da dynamica terrestre das massas solidas, segue-se pedagogicamente apresentar ao alumno as que constituem o objecto da dynamica terrestre das massas «fluidas», liquidas ou gazosas.

Esta nova ordem de moveis, dada a sua natureza essencial, impõe-nos a necessidade de recorrer á experiencia, fixando pela observação de factos bem palpaveis quaes sejam as modificações que, em harmonia com o modo de ser das massas fluidas, ha a introduzir nas relações analyticas de successão,

até aqui estabelecidas. A «fluidez» é, com effeito, o caracter particularisante que nos offerece esta nova ordem de massas ponderaveis; portanto, urge introduzil-a como elemento novo nas relações que hajam de se estabelecer: cumpre, pois, que o alumno entre na dynamica das massas liquidas, começando por determinar, bem claramente, a noção de «fluidez».

Um fluido «é um aggregado, na apparencia continuo, composto de elementos materiaes, variaveis nas suas distancias mutuas». D'esta noção, conclue-se:

a) Que a fluidez póde apresentar-se sob dous aspectos, a saber: se os elementos materiaes que se associam para constituirem o fluido, variam nas suas distancias mutuas «escorregando constantemente uns sobre os outros», então o fluido será um «liquido»; se os elementos materiaes que constituem o fluido, variam nas suas distancias mutuas, «tendendo sempre a affastarem-se ou a approximarem-se», então o fluido será um «gaz». Os vapores serão gazes, quando se considerarem longe do ponto de liquefacção;

b) Que, dada uma tal fluidez como caracteristica das substancias gazosas ou liquidas, haverá necessidade de as conter em vasos, a fim de que á desaggregação dos elementos que, associados, compõem o fluido, se opponha a resistencia que as suas paredes produzem.

Se, na dynamica dos fluidos, apenas houvessemos de instituir as relações analyticas entre as forças geradoras e os movimentos realisados pelos elementos que, associados, constituem o fluido, em nada teriamos que alterar as relações, formuladas nos paragraphos anteriores, para o caso das massas solidas; a massa movente, além de ser, porém, como as solidas, um aggregado de elementos materiaes, é um aggregado de elementos que se deslocam em relação uns aos outros: uma tal propriedade caracteristica introduz, portanto, entre os elementos componentes da massa fluida «pressões» d'uns sobre os outros e «reacções» em sentido contrario. Da introducção d'uma tal ordem de elementos resultará, pois, que, ao instituirem-se as re-

lações de successão entre as forças productoras e os movimentos ou equilibrios das massas liquidas, será necessario representar nas fórmulas, destinadas a traduzil-as, as pressões e reacções que se produzem nas differentes partes da massa fluida. Assim, as forças que parecem mover esta ordem de systemas ponderaveis, complicam-se com as novas forças que se consubstanciam nas acções e reacções determinadas na massa pela mobilidade dos seus elementos, o que implica a necessidade de juntar aos anteriores mais este novo facto dynamico. Tratando-se de elementos da natureza d'aquelles que denominamos «uma força», cumpre, primeiramente, determinar, em relação ás pressões e reacções consequentes, qual a intensidade da sua «acção» na massa do fluido, qual a «direcção» d'essa acção, e, finalmente, qual a «intensidade e direcção» das reacções resultantes.

Como temos a haver-nos com elementos novos, torna-se evidente que é, desde logo, necessario recorrer á experiencia; nas relações mathematicas nada póde introduzir-se de novo sem que a observação dos factos o forneça; só de per si, ellas fecundam os resultados da experiencia, mas não os criam.

O principio, denominado de «igualdade de pressão», é o que deveremos considerar como consubstanciando em si o facto experimental, destinado a ser introduzido nas relações analyticas, a fim de as particularisar para se applicarem á dynamica das massas fluidas. Este principio, que é uma verdadeira relação empyrica de successão, póde formular-se assim: *Dado um fluido, se n'um ponto qualquer da sua massa exercermos uma pressão—esta será integralmente transmittida a todos os pontos da massa.*

D'este principio, combinado com a noção de fluidez, concluir-se-ha immediatamente:

a) Que qualquer elemento, situado no interior da massa fluida, receberá integralmente a pressão produzida;

b) Que, estando o fluido contido n'um espaço limitado por superficies resistentes, a pressão será integralmente transmittida a essas superficies;

c) Que, transmittindo-se integralmente, sel-o-ha em todos os sentidos;

d) Que se propagará na direcção da normal, mercê da symetria em que se dispõem os elementos materiaes do fluido em torno d'um ponto central;

e) Que as reacções provocadas pela pressão exercida no fluido e resultando, quer das resistencias das paredes do vaso, quer dos proprios elementos materiaes do fluido, transmittir-se-hão integralmente a todos os pontos da massa, serão iguaes em todos os sentidos e propagar-se-hão normalmente.

Como é facil de vèr, no principio em questão caracterisam-se a «intensidade» e a «direcção» das pressões e reacções produzidas, e, portanto, um novo elemento dynamico; bastará introduzil-o, sob qualquer fórma, nas relações analyticas da dynamica geral, para ellas virem a abranger, na sua generalidade, as relações de successão que constituem o objecto da dynamica dos fluidos.

416.° Dada, assim, ao alumno a noção da propriedade que caracterisa essencialmente as massas fluidas e a das forças que d'uma tal propriedade fundamental derivam, cumpre ao professor passar a apresentar ao seu alumno os processos por via dos quaes se instituem as relações analyticas que constituem o objecto da dynamica dos fluidos. Á similhança do que, em caso analogo, se notou na dynamica celeste, dous methodos ha para instituir esta ordem de relações analyticas: um é perfeitamente geral e, por isso mesmo, estabelecendo as relações de que nos estamos occupando para o caso mais geral dos movimentos das massas fluidas, véem essas relações a comprehender na sua generalidade o facto particular dos equilibrios; outro, menos philosophico mas mais facil, comprehende apenas o caso simples do equilibrio das massas fluidas.

Pelo primeiro methodo, póde suppôr-se o problema assim formulado: Dada a natureza d'uma massa fluida, relacionar a força sob cuja acção se move n'um logar determinado do espa-

ço, com os elementos que caracterisam o movimento da massa n'esse logar.

A marcha que o espirito segue na solução d'este problema, consiste, pouco mais ou menos, no seguinte:

a) Em considerar, n'um ponto do espaço cujas coordenadas são x e y e z, um parallelepipedo infinitesimal de fluido, tendo as faces parallelas aos planos coordenados;

b) Em constituir analyticamente o primeiro termo da relação analytica de successão, de maneira que contenha, expressos algebricamente — um primeiro elemento, que serão as «forças exteriores» destinadas a impellir o movel; um segundo, que será a «pressão» que os elementos exercem uns sobre os outros, e um terceiro, que será a «reacção» que, na mesma direcção e sentido contrario, essa pressão desperta;

c) Em constituir analyticamente o segundo turno da referida relação de successão, o qual será representado pela velocidade do movel nos pontos x e y e z do espaço, variavel com as coordenadas e com o tempo;

d) Sendo, por outro lado, certo que a projecção da resultante das forças que impellem um movel é igual á massa do movel multiplicada pela acceleração da projecção da velocidade, fundados n'este principio passaremos a «relacionar» os termos acima constituidos e, assim, viremos a instituir, entre elles, a relação final de successão.

Empregando, com effeito, os methodos de posição e composição, pelos quaes se applica o abstracto ao concreto, levaremos o alumno ás seguintes relações dynamicas:

$$\frac{1}{\varphi}\frac{dp}{dx} = X - \frac{dv}{dt} - \frac{dv}{dx}v\ldots.$$

$$\frac{1}{\varphi}\frac{dr}{dy} = Y - \frac{du}{dt} - \frac{du}{dx}v\ldots.$$

$$\frac{1}{\varphi}\frac{dn}{dz} = Z - \frac{dw}{dt} - \frac{dw}{dx}v\ldots.$$

N'estas relações, p e n e r representam as pressões infinitesimaes, produzidas, no sentido de cada eixo, sobre o elemento infinitesimal do fluido. Introduzindo, agora, n'aquellas relações analyticas geraes, o principio de que «as pressões são iguaes em todos os sentidos», isto é, fecundando as fórmulas geraes por meio d'este novo elemento particularisado, que nos foi suggerido pela experiencia, teremos de escrever

$$p = n = r$$

e, portanto, as relações geraes que se referem ás massas fluidas virão convenientemente particularisadas.

Se das relações geraes pretendermos fazer resaltar o caso particular de equilibrio, bastará suppôr que a velocidade do movimento é nulla, isto é, que os termos dos segundos membros das fórmulas em que figura a velocidade, se annullam.

Então, as relações analyticas geraes reduzir-se-hão ás seguintes:

$$\frac{dp}{dx} = \varphi X$$

$$\frac{dp}{dy} = \varphi Y$$

$$\frac{dp}{dz} = \varphi Z$$

Estas connexões analyticas exprimem, com effeito, verdadeiras relações entre as forças dynamicas e os phenomenos concretos, quando estes são «equilibrios de fluidos» ou, mais particularmente, de «liquidos».

Como facilmente comprehenderá quem reflectir nas relações analyticas que acabamos de instituir, são ellas um bello exemplo da applicação, por meio dos methodos geraes de composição e posição, do abstracto ao concreto, e, ao mesmo tempo, um bello especimen de relações dynamicas de successão, instituidas

entre os phenomenos e suas forças geradoras. N'ellas, com effeito, caracterisam-se claramente: os dous termos que devem figurar n'aquella ordem de relações, isto é, a resultante das forças productoras e os elementos do movimento; a representação analytica, obtida com o auxilio das projecções em relação a um systema de referencia, dos elementos fundamentaes, o que importa o emprego do methodo de posição; a existencia d'uma massa infinitesimal e de fórmas infinitesimaes, etc. — o que suppõe o emprego do methodo de composição infinitesimal; a introducção, finalmente, nitida e claramente definida, nas relações analyticas, d'um facto de experiencia. Ora, tudo isto dá a taes fórmulas um verdadeiro valor pedagogico, pois que em si consubstanciam os elementos fundamentaes que caracterisam as grandes noções dynamicas.

Se por ventura quizermos offerecer ao alumno as equações dynamicas de que nos estamos occupando apresentando-lh'as como um caso particular, então o processo da sua instituição consistirá: em representar analyticamente as forças exteriores e a pressão dos elementos do fluido—que será igual em todos os sentidos, e a reacção que, em sentido contrario, oppõe a uma tal pressão a resistencia das paredes dos vasos ou os elementos da propria massa; em igualar o conjuncto analytico de todos estes elementos a zero; operando as convenientes reducções, obteremos a seguinte synthese geral:

$$\mathrm{dp} = \varphi \int (X\,\mathrm{d}x + Y\,\mathrm{d}y + Z\,\mathrm{d}z)$$

A maneira como estas relações são instituidas é particularmente interessante. Pois que o equilibrio hade derivar d'uma neutralisação operada entre as forças impulsoras e as resistencias que as neutralisam, taes elementos hãode obter na estructura intima da relação analytica uma representação conveniente; ora, é effectivamente o que se dá quando traduzimos algebricamente essas forças exteriores, quando lhe addiciona-

mos o elemento «pressão», quando, finalmente, á resultante de tudo isto oppomos uma pressão em sentido contrario, pressão que resume as resultantes das resistencias neutralisantes, expressa sob uma fórma analytica igualmente rigorosa. A differença entre todas estas acções será representada, em relação ao eixo dos *xx*, por

$$dp = \varphi X dx.$$

417.° A relação que acabamos de formular, é uma synthese perfeitamente geral, comprehendendo na sua noção logica todos os casos de equilibrios de fluidos. Mais directamente, é applicavel aos liquidos e aos gazes n'um espaço livre, isto é, applica-se-lhes sem modificação alguma.

Se por ventura se trata, porém, de equilibrios de gazes contidos em espaços fechados, urge particularisal-a, introduzindo n'ella a traducção analytica d'um novo facto de experiencia, facto que está consubstanciado na relação empyrica denominada «lei de Mariotte». Assim, ao passo que o alumno vae avançando, novos factos experimentaes lhe vão fecundando as fórmulas analyticas, o que permitte a estas desintegrarem-se em novas deducções.

Passando-se, com effeito, a offerecer ao alumno as relações particulares que é possivel deduzir da relação geral, cumpre, primeiro que tudo, restringir a fórmula geral a exprimir apenas as relações de successão entre os equilibrios das massas terrestres solidas ou fluidas e a força de gravidade; ora, para o conseguir, bastará considerar taes massas como tendendo a moverem-se apenas na direcção do eixo dos *zz*, isto é, na direcção da vertical: em tal caso, a fórmula geral transformar-se-ha em

$$dp = \varphi \int Z dz$$

Como é constante a força de gravidade, integrando, teremos, finalmente, a relação

$$p = \varphi gz$$

que se nos apresenta como uma synthese, reunindo na sua noção os varios casos de equilibrio dos fluidos pesados.

Uma vez attingida esta fórmula, cumpre ao professor apresentar ao alumno, por meio de rigorosas deducções, as syntheses empyricas que d'ella podem derivar-se, syntheses por elle já conhecidas desde a instrucção primaria, pois que lá teve occasião de contemplar os variados casos de equilibrio que as massas, solidas ou fluidas, podem apresentar-lhe. Assim, os dous grandes ramos do nosso ensino encyclopedico mais uma vez se nos apresentarão revelando os caracteres fundamentaes que desde muito lhe asseguramos: o primario, será empyrico no seu objecto, desconnexo nas relações entre as noções que o compõem, considerando antes factos particulares do que syntheses geraes, organisando, finalmente, as suas syntheses experimentaes por meio de inducções; o secundario, será racional no objecto, unificado nas syntheses que organisa, considerando antes fórmulas geraes do que factos particulares, decompondo, finalmente, por meio de rigorosas deducções, syntheses geraes em relações particulares.

418.° Feitas estas rapidas considerações, seria extremamente facil operar as deducções especiaes; o professor encontrará, porém, os processos que lhes dizem respeito em tratados que se occupem d'este assumpto.

Lançando um rapido golpe de vista sobre a dynamica das massas terrestres, solidas ou fluidas, tal como acabamos de a constituir, derivam-se d'esta analyse geral consequencias importantes sob o ponto de vista pedagogico. Primeiramente, a porção de noções apresentadas na instrucção secundaria completa de uma maneira racional a que se apresenta na instrucção primaria: lá, os factos empyricos, inductivamente organisados, e mais ou menos desconnexos entre si; aqui, as syntheses geraes que fusionam e identificam esses factos, as deducções rigorosamente logicas, a unificação, finalmente, que constitue a sciencia. Depois, na instrucção primaria, dominam as applicações geraes da physica das massas; na secundaria, vê-se a

theoria pura: n'uma, como n'outra, a eliminação de tudo quanto possa ter um caracter accentuado de especialidade. Assim, excluimos do nosso programma toda a theoria do movimento dos fluidos, já pela sua difficuldade e já pela sua imperfeição scientifica, caracteres estes que a tornam uma verdadeira especialidade; eliminamos igualmente do conjuncto geral tudo quanto nos parece especial ácerca das balanças, prensa hydraulica, areometros, barometros, manometros, machinas pneumaticas, etc. A physica das massas, quer no ramo empyrico, quer no racional, fica, assim, reduzida ao que realmente deve ser, no ensino encyclopedico: um conjuncto, bem integrado, de relações fundamentaes ácerca dos movimentos e equilibrios e relações dynamicas de massas ponderaveis de materia. Um dos graves defeitos que, na actualidade, apresenta o ensino da physica geral é a sua especialisação demasiada. No meio da anarchia pedagogica que domina a Europa, ainda se não póde comprehender que deve ser simplesmente «integral e geral» o caracter do ensino encyclopedico, e, portanto, depurado de tudo quanto sejam minucias e especialisações. É realmente curioso conhecer todas as machinas pneumaticas, todas as fórmas de balanças, todas as correcções barometricas; mas é-o para o constructor de taes instrumentos e nunca para quem se propõe adquirir apenas as grandes linhas do conjuncto. O espirito do alumno perde-se no meio das mil minucias de que veem pejados os livros de physica, e, conhecendo, ás vezes, cinco ou seis systemas proprios para rarefazer o ar, é absolutamente incapaz de perceber as relações philosophicas que fundem, entre si, as differentes partes da physica. A razão d'este facto consiste, parece-nos, no seguinte: a physica, na sua composição geral e na sua evolução como sciencia, ainda não attingiu esse gráu de perfeição que permitte separar completamente, no ensino, o fundamental do accessorio; estando em via de formação, todos os factos que vão apparecendo parecem da mais alta importancia aos especialistas, ordinariamente encarregados de redigir os programmas e livros de ensino. D'ahi deriva esse montão indigesto de factos,

de especialidades, de minucias, que afogam o alumno e prejudicam n'elle o espirito de conjuncto; e, comtudo, este é que deve considerar-se como verdadeiramente fundamental.

Obviando a este grave inconveniente, parece-nos ter apresentado ao leitor o que deverá constituir o objecto do ensino da physica na nossa instrucção encyclopedica, tanto na sua phase empyrica como racional. Reduzida, assim, aos verdadeiros limites pedagogicos, apresentam-se ao alumno factos e relações fundamentaes; ha uma connexão intima entre o ensino primario e secundario, pois que um dará os factos e o outro as syntheses logicas que os fundem; prepara-se uma base solida para mais tarde se tentar o aprendisado das especialidades; desenvolve-se, finalmente, no alumno o espirito philosophico do conjuncto — alvo que nunca deve perder-se de vista.

Passando a outras considerações, convem repetir, mais uma vez, que o objecto da dynamica das massas terrestres são relações analyticas de successão, estabelecidas pelos dous methodos fundamentaes de applicação do abstracto ao concreto; relações reaes, mas conceptuaes e não empyricas, visto que d'estas se occupa a instrucção primaria.

O processo de apresentação é naturalmente o conceptual, pois que é por symbolos e signaes graphicos que se significam as relações analyticas. Considerando estas relações sob o ponto de vista do methodo pedagogico, são, como todas as outras, verdadeiras syntheses objectivas, reconstruindo-se umas á custa das outras: assim, a relação analytica que se applica aos equilibrios dos gazes, construe-se á custa da mesma relação, mas considerada no caso mais geral em que se applica aos liquidos pesados; esta, construe-se á custa de outra mais geral ainda, isto é, d'aquella que se refere aos liquidos em geral; esta, póde considerar-se como uma reconstrucção particularisada da relação mais geral referente ás massas solidas. Á custa das mais abstractas, irão sendo, portanto, construidas as mais concretas, e isto n'uma abstracção decrescente e complexidade crescente. Pelo lado logico, vê-se evidentemente que as relações da dyna-

mica das massas terrestres são syntheses que decrescem em generalidade, augmentando em particularidade; e, assim, as que se referem aos movimentos das massas solidas, serão mais geraes do que as que teem por objecto os das liquidas; estas, mais ainda do que as que se referem aos das gazosas. No seu conjuncto, são admiraveis unificações logicas, d'onde, por deducção, se podem derivar os variados casos que a experiencia registra.

Considerando a dynamica terrestre em relação com as outaas sciencias fundamentaes, entra ella como um élo na série em que umas ás outras se succedem em ordem de generalidade decrescente. As suas relações analyticas são menos geraes e mais complexas do que as da dynamica celeste; são, porém, mais geraes e menos concretas do que as que se referem aos outros ramos da physica. Os termos d'essas relações são igualmente mais complexos do que os das relações que constituem o objecto da dynamica celeste, visto que forças e movimentos terrestres são um caso particular e simples das forças e movimentos celestes; são, porém, menos complexos e mais geraes do que os das relações dynamicas, por exemplo, da electrologia, que a elles estão subordinados. Em resumo, nos termos ou na connexão entre elles, a dynamica terrestre está perfeitamente subordinada á celeste e subordina a si a physica das massas imponderaveis ou moleculares. A dynamica terrestre das massas ponderaveis é, pois, um capitulo da dynamica geral do universo, capitulo que concorre com as suas unificações parciaes para realisar a grande e vasta unificação do nosso saber ácerca da dynamica geral do mundo.

CAPITULO VI

A ELECTROLOGIA

Objecto da electrologia. — Relações entre a electrologia no ensino primario e a electrologia no ensino secundario. — Pontos de vista a considerar no ensino da electrologia. — Os conductores e suas transformações. — A materia imponderavel. — A força electrica. — Relações analyticas que associam os phenomenos electricos á sua força geradora. — Desintegração das relações geraes nos factos particulares que constituem os phenomenos da electrologia.

419.° A instituição de relações de successão entre os phenomenos d'equilibrio ou movimento e as forças que lhes dão origem, constitue, a final, o objecto fundamental dos diversos ramos da dynamica de que até aqui nos havemos occupado. Na electrologia, ramo importante da physica, destinado a considerar os phenomenos electricos, o objecto essencial é ainda o mesmo: consiste elle em estabelecer uma relação fundamental entre os movimentos e equilibrios de massas de materia imponderavel e as forças que os originam, deduzindo da relação, assim instituida, os factos, particulares e empyricos, que ella, na sua noção geral e suprema, unifica.

Ao passo, porém, que vamos avançando, cumpre notar, desde já, que a solução d'um tal problema vae-se progressivamente difficultando, apresentando-se-nos bem longe de ser completa. A razão d'este facto está na imperfeição que caracterisa os ramos da dynamica que, como a electrologia, são essencialmente modernos. O não poder, porém, resolver-se por completo

o problema, não é razão para que a pedagogia não dê, em relação á sua systematisação docente, as indicações que, no estado actual da sciencia, lhe são possiveis.

Attribuir á electrologia, como objecto fundamental, o instituir relações analyticas de successão entre os phenomenos de movimento ou equilibrio de certas massas de materia imponderavel e as forças que os originam, parecerá a principio uma noção obscura; dada a complexa variedade de objectos parciaes de que se compõe o objecto total da electrologia, parecerá difficil reduzil-os á simplicidade d'uma tal noção: cumpre, porém, observar que, costumando classificar-se como mechanicos e physicos e opticos, etc., os phenomenos electricos, só constituirá para nós objecto da electrologia o conjuncto geral dos phenomenos *mechanicos*, isto é, os phenomenos electricos que se nos apresentam como «attracções e repulsões de conductores electricos». Esta ordem de manifestações electricas póde, com effeito, reduzir-se a phenomenos de movimento ou de equilibrio, que se nos apresentam como verdadeiros consequentes de uma dada força productora. Todos os outros phenomenos, taes como decomposições electroliticas ou variantes thermicas ou modificações physiologicas, constituirão um grupo geral e serão considerados como effeitos de «transformações de movimentos electricos em movimentos d'uma nova especie». Em summa, na nossa systematisação pedagogica, os phenomenos que costumam denominar «electricos», dividir-se-hão em dous grupos: para um lado, ficarão os que se reduzem a attracções e repulsões, e serão elles os que constituirão propriamente o objecto da electrologia; para o outro, reunir-se-hão todos os outros, os quaes virão a ser considerados como transformações de movimentos mechanicos n'esses movimentos oscillatorios que produzem a luz ou o calor, ou n'esses outros movimentos que produzem as combinações chimicas, etc., etc.

420.° Limitado, assim, o objecto fundamental d'este capitulo, cumpre que passemos a estabelecer as relações em que se nos apresentam, entre si, os dous grandes grupos de noções

ácerca de phenomenos electricos, quer aquelle que constitue o objecto do ensino primario, quer o que constitue o objecto do ensino secundario.

Se o leitor recordar as considerações pedagogicas que expendemos ácerca do ensino da electrologia no ensino primario (§ 281.º), poderá, desde já, notar que, segundo a nossa concepção, aquelle ramo de ensino prepara convenientemente o alumno para attingir, facil e racionalmente, o conjuncto de noções que constituem o objecto da instrucção secundaria.

Com effeito, na instrucção primaria, foram-lhe apresentados os phenomenos mechanicos da electricidade, como factos de attracção e repulsão. Suppondo fixo o conductor actuante, consideramos o conductor que lhe recebe a acção, como igual ou não a zero: no primeiro caso, apresentamos ao alumno os phenomenos que póde apresentar um conductor isolado; no segundo, consideramos as hypotheses em que é fixo ou movel. Passando a considerar estes dous casos, no primeiro fizemos variar as distancias entre os conductores, considerando-as como nullas, finitas ou infinitas, e, em harmonia com taes hypotheses, caracterisamos os phenomenos produzidos nas pilhas e machinas electricas e condensadoros, etc.; no segundo caso, isto é, no caso de ser movel o conductor que recebe a acção, apresentamos ao alumno as differentes attracções e repulsões entre conductores fixos e moveis—podendo estes ser filiformes e, portanto, correntes e magnetes, etc. Em summa, na instrucção primaria offerecemos ao alumno os phenomenos fundamentaes de attracção e repulsão entre conductores electricos, apresentando-lhe tudo sob uma fórma puramente empyrica; nada, porém, lhe dissemos ácerca de massas de materia imponderavel, de forças electricas que lhes são inherentes, de relações analyticas entre forças e movimentos de massas imponderaveis, etc.: esta grande concepção constructiva por via da qual a sciencia tenta explicar os phenomenos electricos, mercê da sua natureza puramente racional, ficou fóra do programma do ensino primario; conforme o espirito fundamental da nossa concepção peda-

gogica, será ao ensino secundario que pertencerá apresentar ao alumno essa admiravel combinação que, pretendendo explicar os phenomenos electricos, associa n'um todo massas de materia imponderavel e intensidades de forças e capacidades electricas e relações analyticas entre estes e outros elementos, tudo, em summa, quanto constitue a «theoria» dos phenomenos electricos, isto é, a parte racional e representativa da electrologia.

421.º Bem fixado, pois, o grupo de noções que deve constituir o objecto do ensino da electrologia no ramo de instrucção que presentemente nos occupa, cumpre, desde já, determinar quaes são os elementos essenciaes em torno dos quaes hãode agrupar-se as noções electrologicas que importa offerecer á consideração do alumno. Ora, estes elementos podem reduzir-se ao seguinte:

a) Os conductores;

b) A massa de materia imponderavel que n'elles suppomos circular ou existir em estado de tensão;

c) A força ou complexo de forças inherentes a essas massas de materia;

d) As relações analyticas que prendem a resultante das forças electricas aos phenomenos produzidos;

e) E, finalmente, as deducções que de syntheses, assim estabelecidas, é possivel realisar.

Como é sabido, as theorias são grandes associações de elementos, reunidos pelo espirito n'uma coexistencia, coherente e bem travada, que se destina a explicar um certo numero de factos. Por isso, aqui, teremos de combinar, n'uma associação bem unificada, massas de materia e forças e direcções de forças e pontos de applicação e relações entre todos esses elementos, etc., etc.; em summa, o espirito do alumno hade librar-se, pouco mais ou menos, em torno dos elementos que ha pouco acabamos de especialisar.

Em verdade, dado o estado de imperfeição que ainda se nota n'este ramo da dynamica, a systematisação pedagogica que por ventura possa tentar-se hade ser fatalmente imperfeita. A

pedagogia e a sciencia caminham a par; sem que a segunda progrida, não póde a primeira constituir-se. Se a sciencia ministra a materia prima que as systematisações da pedagogia se propõem elaborar, como é que uma poderá avançar sem a outra? Por isso, limitar-nos-hemos a offerecer, sobre este ponto, ao leitor apenas as indicações pedagogicas indispensaveis.

Antes de passarmos a occupar-nos de cada um dos elementos que, no seu conjuncto, constituem a electrologia constructiva, cumpre ainda fazer uma observação importante.

A electrologia é um dos mais extensos ramos da physica. Achando-se, ainda hoje, no periodo de accumulação de factos, estes amontoam-se incessantemente na maior variedade e riqueza. Por isso, nota-se nos livros de ensino, ao occuparem-se d'este ramo da sciencia, uma tendencia para a especialisação, que não está em harmonia com a indole geral do ensino médio, o qual deve ser, como sabemos, essencialmente «integral e theorico». Ora, se, para ser integral, urge que, em taes livros, vão desapparecendo as divisões artificiaes da electrologia, conhecidas pelas rubricas de—«electricidade estatica» e «electricidade dynamica» e «magnetismo», etc., pois que uma tal divisão quebra completamente o caracter de unitarismo que deve existir, como em todos, n'este ramo da sciencia, á pedagogia deverá pertencer o indicar as bases em que, no estado actual da sciencia, é possivel realisal-o. Por outro lado, para ser theorico, cumpre operar uma selecção judiciosa na enorme massa de factos que hoje constituem o objecto de ensino na electrologia; e, assim, deverá reservar-se, por exemplo, para a geologia tudo quanto diz respeito a correntes terrestres e bussolas, deverá guardar-se para a chimica a theoria chimica dos geradores hydro-electricos, deveremos, ainda em cima, pôr de parte certas especialidades praticas, taes como—processos particulares de magnetisação e especialidades sobre electrometros e machinas electricas e galvanoplastica e bobinas e motores dynamo-electricos e telegraphos, etc., etc. O que principalmente nos importa, no ensino secundario, é attingir o espirito de con-

juncto e não particularidades de detalhe; a synthese e não a analyse.

422.ª Feitas estas limitações essenciaes, o primeiro elemento que o ensino secundario deve apresentar ao alumno, convenientemente preparado pelo ensino primario, é o «conductor electrico» nas suas transformações e reducções. Á primeira vista, os conductores electricos parecem, pelas varias fórmas que revestem, essencialmente differentes; cumpre, portanto, proceder em relação a elles a uma unificação prévia, transformando-os uns nos outros. Assim, começaremos, desde logo, por combater pela raiz o caracter de desconnexão com que, em geral, a electrologia costuma apresentar-se ao alumno, devendo uma tal unificação ter mais tarde a grande vantagem pedagogica de unificar as syntheses que o alumno deve construir n'este ramo do nosso saber integral.

A reducção dos conductores uns aos outros, por via das suas relações de intima ligação, é extremamente simples.

Supponhamos, com effeito, que se tomam para ponto de partida aquelles em que não predomina alguma das tres dimensões, isto é, os conductores cubicos, qualquer que seja a sua fórma especial; assim, teremos uma certa categoria de conductores. Se duas das tres dimensões predominam sobre a terceira, teremos uma nova categoria — a dos conductores superficiaes, que podem ser planos e cylindricos, etc.; se, finalmente, uma das dimensões predomina consideravelmente sobre as outras duas, apparecer-nos-hão os conductores lineares. Estudemos, pois, os conductores nas suas differentes transformações.

A sua fórma mais simples é a rectilinea, podendo o conductor ser finito ou indefinido.

O conductor rectilineo póde ainda tomar a fórma de linha quadrada e a de polygono. Se os lados da linha quadrada se tornam indefinidamente pequenos, o conductor rectilineo transforma-se em curvilineo, circular, elliptico, em helice, etc.

A transformação dos conductores lineares na fórma heli-

coidal merece particular attenção. Assim, podemos imaginar um conductor curvilineo e em helice nas seguintes condições: serem os differentes arcos da helice curvos, approximando-se de circumferencias de circulos, e parallelos e proximos e perpendiculares á linha que passa pelos seus centros; em tal caso, teremos um «cylindro electro-dynamico».

N'este ultimo systema, podemos ainda imaginar uma nova transformação, operada nas seguintes condições: serem as secções da helice circumferencias de raio infinitamente pequeno, infinitamente proximas, parallelas entre si e perpendiculares á linha dos centros: e teremos então um conductor selenoidal, o mais simples de todos.

Até aqui, temos relacionado as differentes fórmas de conductores filiformes, entre si, apenas por via de transformações geometricas; para assimilarmos agora os cylindros electro-dynamicos a uma outra ordem de conductores, torna-se necessario recorrer á experiencia, registrando os phenomenos que se produzem nas duas especies de conductores a assimilar. Para isso, supponham-se d'um lado dous cylindros electro-dynamicos e do outro dous magnetes.

Em relação aos cylindros notar-se-ha:

a) Que, em presença um do outro, duas das suas extremidades repellem-se e as outras duas attrahem-se. Essas duas extremidades serão os polos — boreal e austral do cylindro dynamico;

b) Se um d'elles se subjeitar á acção de uma corrente, os circulos do cylindro collocar-se-hão parallelamente a essa corrente.

Em relação aos magnetes, notar-se-hão exactamente os mesmos phenomenos.

Esta analogia entre os phenomenos attractivos e repulsivos das duas ordens de systemas, leva o espirito até admittir uma analogia na sua constituição estructural, acabando por assimilar os magnetes ao grupo geral dos cylindros selenoidaes e considerando-os como um conjuncto de arcos de helice, perpendi-

culares ao eixo do magnete e parallelos e proximos uns dos outros.

Tendo assim assimilado os magnetes a selenoides, podemos penetrar mais a fundo na natureza intima dos magnetes, baseando-nos novamente na experiencia. Para isso, divida-se um magnete em duas partes; notar-se-ha que ficarão existindo dous magnetes com as propriedades que tinha o magnete total. Se dividirmos cada uma das partes e as subdividirmos ainda, teremos sempre novos magnetes, cujas propriedades não variam. D'estes factos, conclue-se que um magnete é um conjuncto de magnetes; e, como poderiamos operar tantas divisões quantas fosse possivel e até concebel-as indefinidas, concluiremos que um magnete é um conjuncto de magnetes elementares e infinitesimaes. Assim, podemos conceber um magnete como um feixe de tantos magnetes em série quantos os elementos infinitesimos de que se compõem; e, como cada magnete total é um selenoide, será igualmente um feixe de selenoidès, constituidos por correntes circulares e parallelas e infinitamente proximas e de raio infinitesimo e perpendiculares ás linhas que lhes passam pelos centros e formando, finalmente, estas linhas, pelo seu lado, um feixe de parallelas ao eixo do magnete total. N'estas condições, é facil admittir que as correntes circulares dos selenoides interiores, effectuando-se em direcções oppostas; hãode neutralisar-se, passando-se as cousas como se apenas ficassem existindo elementos circulares de corrente na superficie do magnete; e, então, esses elementos, addicionando-se, produzirão um conductor de corrente, circular e superficial.

Desde que um magnete se considera como um conjuncto de correntes circulares e superficiaes, é facil passar d'ahi a consideral-o como um conjuncto de *folhetos*, limitados por uma corrente que fica existindo no contorno de cada um, parallelos entre si, muito proximos e todos perpendiculares á linha dos centros; basta, para isso, suppôr o magnete total dividido por secções, perpendiculares ao eixo e cuja espessura tenda para zero: n'estas condições, como as faces polares dos folhetos in-

termedios se defrontam e são contrarias e, portanto, neutralisam mutuamente entre si as suas acções, admittir-se-ha igualmente que o magnete ficará reduzido a dous folhetos polares, que virão a ser as placas extremas. Tal é a reducção que se póde operar entre os differentes systemas que nos apresentam phenomenos de attracção e repulsão: as correntes rectilineas transformam-se em circulares, estas em cylindros electro-dynamicos, estes em selenoides, estes em magnetes, estes em folhetos magneticos. E' uma verdadeira unificação, realisada n'essa série de systemas ponderaveis, em que se produzem os phenomenos devidos a modificações dynamicas em massas imponderaveis.

Por uma especie de reacção, se por um lado subimos desde a corrente até ao folheto magnetico, podemos, por outro, descer do folheto magnetico até ás correntes circulares e rectilineas. Com effeito, se tomarmos um cylindro electro-dynamico, se considerarmos cada um dos seus circulos parallelos como a superficie de um folheto magnetico, teremos uma analogia que nos permitte classifical-o como um «folheto selenoidal»: as differentes correntes circulares do cylindro serão os differentes folhetos selenoidaes; as extremas, serão os folhetos polares. Esta analogia *á priori* é confirmada pelos factos; as experiencias de Gauss mostram, com effeito, que se produzem os mesmos phenomenos sobre uma agulha, quer sejam provocados por um folheto magnetico, quer por um selenoidal, tendo ambos o mesmo eixo e a mesma direcção, e, finalmente, podendo exactamente substituirem-se.

Em resumo, de todas estas analogias, firmadas no raciocinio e nas lições da experiencia, podemos concluir: que um conductor fechado e circular e com uma certa superficie equivale a um folheto magnetico, da mesma intensidade e contorno e superficie; que, d'uma maneira ainda mais geral, qualquer conductor fechado é um verdadeiro folheto magnetico, no qual as correntes interiores se annullam, permanecendo apenas os elementos de corrente, os quaes, sommados, produzirão a corrente, destinada a derivar no circuito; e que, mais geralmente

ainda, qualquer corrente rectilinea e indefinida póde ser considerada como um folheto magnetico, limitado de um lado pelo conductor linear e considerado pelos outros lados como indefinido; que, mais geralmente ainda, quaesquer correntes são folhetos magneticos e quaesquer folhetos magneticos são limitados por correntes.

Tal é a unificação dos differentes typos de conductores entre si, unificação que os relaciona pelas suas propriedades essenciaes, de modo que, diversos na apparencia, se identifiquem no fundo.

Desde que o alumno inicia o estudo da electrologia por esta unificação prévia dos systemas ponderaveis em que hade mover-se a materia imponderavel, os primeiros lineamentos da futura synthese estão lançados; as differenças apparentes entre phenomenos magneticos e electricos e electro-magneticos tendem a desvanecer-se, para tudo vir a fundir-se n'um modo de ser geral da materia e do movimento.

423.º Havemos, até aqui, considerado os conductores; cumpre que, agora, chamemos a attenção do alumno para um novo elemento fundamental da electrologia, isto é, para a «materia imponderavel» a que elles servem de receptaculo.

A fim de explicar os phenomenos electricos, a sciencia suppõe, com effeito, a existencia de uma certa substancia, destinada a servir de séde ás manifestações que se produzem nos conductores. Como estes permanecem sem alteração essencial e sensivel, houve idéa de admittir, como existindo em tensão ou circulando n'elles, um ou mais fluidos, cujas modificações, reaes mas invisiveis para nós, explicassem os phenomenos electricos.

Dada a tendencia unitaria da sciencia contemporanea, a hypothese de dous fluidos, a principio corrente, é hoje substituida por um unico — imponderavel e elastico e diffundido pelos espaços infinitos e penetrando toda a materia ponderavel.

Como é facil de vêr, foi por assimilação que se constituiu esta concepção. O espirito humano, partindo de fluidos ponderaveis e conhecidos, taes como os gazes, concebeu um

fluido similhante a elles, mas mais tenue e mais imperceptivel, fluido cujas deformações e vibrações se traduzirão ás nossas impressões por attracções e repulsões electricas, por phenomenos de luz e calor, etc.

Não pertence á pedagogia, mas á philosophia critica, o aquilatar o valor logico d'uma tal concepção; no estado actual da sciencia, é ella a que melhor se amolda á explicação dos phenomenos e á sua systematisação: como tal, cumpre, pois, á pedagogia acceital-a. Se um dia os progressos da sciencia fizerem surgir uma nova hypothese que melhor racionalise os factos, á pedagogia pertencerá aproveital-a, unificando-os sob a sua inspiração, conforme as necessidades do ensino. Por emquanto, sendo esta a que melhor satisfaz ás exigencias da systematisação scientifica, aproveitemol-a.

Desde que o alumno sabe unificar e relacionar entre si os differentes conductores electricos, segue-se naturalmente eleval-o até á concepção d'essa substancia material, cuja existencia é necessario suppôr, a fim de explicar os phenomenos. Essa substancia é, por assim dizer, a massa na qual as forças electricas existem como se fôra um verdadeiro *substractum*, massa que se diffunde nos conductores, que circula n'elles, que se deforma, etc. Em toda a dynamica, existe o elemento «massa»; não póde, portanto, deixar de existir na electrologia. A primeira cousa a fazer, em relação a ella, é mostrar ao alumno, por factos, qual é, pouco mais ou menos, a natureza d'essa substancia, causa dos phenomenos electricos.

Ora, consultando experimentalmente a maneira como esses phenomenos se produzem, notar-se-ha: que, ao diminuirmos o diametro da secção de um conductor, reconhece-se desde logo derivar n'elle, com menos rapidez, a substancia electrica; e como este mesmo facto se nota nos fluidos liquidos ou gazosos, concluiremos que a substancia electrica é um «fluido que corre». Novas analogias nos factos, arrastam novas analogias nas causas. Assim, para que a substancia electrica se diffunda uniformemente em toda a extensão d'um conductor filiforme,

é necessario que medeie um certo espaço de tempo, o qual cresce com o quadrado do comprimento do fio; ora, como esta é exactamente a lei do transporte dos fluidos ponderaveis, tudo leva a crêr que a substancia electrica é realmente um fluido. Mais ainda: uma faisca estratifica-se por camadas; logo, é porque as massas que produziram a faisca se produziram por jactos, como é proprio dos fluidos.

Se a substancia electrica é um fluido que póde derivar ao equilibrar-se nos conductores, como poderão explicar-se, por meio d'elle, as attracções e repulsões electricas? Os physicos admittem que a massa fluida e imponderavel, existente nos conductores, se deforma, refazendo-se ou condensando-se como acontece aos fluidos gazosos: nos conductores onde estiver rarefeita, haverá electricidade a *menos* ou «negativa»; n'aquelles em que estiver condensada, haverá electricidade a *mais* ou «positiva». Os factos parece confirmarem este modo de vêr. Assim, o aspecto da faisca electrica depende da natureza do metal de que é formado o pólo positivo, ficando invariavel se por ventura se muda o outro; ora, d'aqui parece dever concluir-se que o movimento das massas de ether se produz do pólo positivo para o negativo, isto é, do ponto onde elle está condensado para aquelle em que está rarefeito. Mais ainda: se tomarmos dous conductores contendo massas de fluido desiguaes (o que póde conhecer-se por meio do plano de prova) e os unirmos por um fio, produzir-se-ha o nivel electrico, tornando-se, passado algum tempo, iguaes nos dous conductores as quantidades de massa electrica; ora, isto parece provar que o fluido electrico derivou do conductor em que se achava condensado para aquelle em que estava rarefeito, até se estabelecer o equilibrio. Em todo o caso, parece não estar bem provado se ha só uma corrente do pólo positivo para o pólo negativo ou se haverá duas deslocações simultaneas. Weber, suppõe uma corrente positiva e outra negativa; Riemann, igualmente; Clausius, porém, suppõe só uma corrente do pólo positivo para o negativo, o que parece provar-se pelas experiencias de Rowland,

as quaes se harmonisam melhor com a hypothese de um ether deformavel.

424.° Passemos a considerar o terceiro elemento, para que cumpre chamar a attenção do alumno, isto é, a «força electrica».

Desde que se considera a substancia electrica como um fluido deformavel e imponderavel e elastico, estão naturalmente abertas as portas a novos grupos de noções. Uma simples operação de assimilação ás anteriores bastará para produzir essas novas noções.

Com effeito, a massa electrica, á similhança das outras massas fluidas, poderá ser considerada em equilibrio ou em movimento. Considerando-a no estado de equilibrio, ha naturalmente a considerar n'ella, como de resto em todas as massas de materia, a sua quantidade e massa e densidade, etc.; ainda no estado de equilibrio, ha a considerar as forças que d'ella derivam e, portanto, a tensão electrica e a proporcionalidade entre ella e a massa electrica e os effeitos dynamicos que produz; por outro lado, como todo o equilibrio é um phenomeno que suppõe uma neutralisação entre duas forças equivalentes mas contrarias, a tensão electrica que se gera na massa deformavel e em equilibrio hade ser neutralisada por uma resistencia opposta, representada, a maior parte das vezes, pela opposição do ar, e, muitas outras, por isoladores de differentes ordens, vindo assim a noção de equilibrio electrico a ser apenas uma applicação da noção mais geral de equilibrio, anteriormente adquirida, e encontrando, aqui, a lei da acção e reacção novas applicações.

A massa etherea em equilibrio n'um conductor e actuando sobre outro, leva-nos á concepção de forças que, derivando de uma determinada fonte de energia, vão produzir n'outras massas a sua acção. Temos, pois, aqui, um verdadeiro caso de forças centraes, attractivas ou repulsivas, como as da dynamica celeste. Ora, desde que, na mente do alumno, se fórma com tal nitidez a noção de força electrica, acompanham-na todos os

seus elementos constitutivos: a direcção, a intensidade, o ponto de applicação. D'ahi, derivará a necessidade de o conduzir, desde logo, a conceber uma geometria synthetica das forças electricas, ensinando-o a compôr muitas d'ellas, parallelas ou convergentes, n'uma resultante e a considerar a intensidade d'essa resultante e a sua direcção e o seu ponto de applicação, etc. O espaço ambiente até onde é sensivel a acção da força electrica, será o campo electrico; se de differentes pontos d'esse espaço derivarem differentes forças dirigindo-se a um ponto, a resultante em que todas ellas se compõem será a força electrica do campo em relação a esse ponto; no espaço ambiente ou campo electrico, haverá fontes de forças electricas, direcções d'essas forças, linhas que ellas seguem (linhas de força), superficies em que terão as mesmas intensidades, etc. No caso, por exemplo, em que a massa electrica se considerar concentrada n'um ponto do espaço, irradiará para todas as direcções porções de energia electrica; ora, em torno do ponto central, poderão imaginar-se tantas espheras concentricas quantas se queiram, e como as forças electricas seguirão a direcção dos raios d'essas espheras, em cada uma das superficies esphericas serão iguaes os effeitos das forças, isto é, taes superficies denominar-se-hão, como mais tarde veremos, «equipotenciaes».

Depois de se considerarem as forças em si, surgem as suas combinações com certas distancias lineares. Dar-se-ha, portanto, ao alumno uma noção clara dos *momentos* e *trabalhos* das forças electricas, quer em si, quer na sua composição ou na sua decomposição ou relações, etc.

Em resumo, bastará lançar mão dos conhecimentos anteriormente adquiridos, para que o alumno, sem esforço nem embaraço, crie uma geometria synthetica das forças electricas nas suas variadas relações.

Naturalmente, ser-lhe-ha igualmente facil crear uma geometria analytica d'essas forças, e, assim, conhecer como se representa uma resultante electrica em relação a tres eixos ou os seus momentos ou os seus trabalhos elementares e totaes; tudo isto

são noções novas que immediatamente derivam das noções antigas, ou antes uma extensão d'aquellas, facil e natural e prompta.

Consideremos, até aqui, a massa electrica no estado de equilibrio; segue-se naturalmente, agora, consideral-a no estado de «movimento». Sob este segundo ponto de vista, ha a attender, desde logo, a que essa massa hade derivar no conductor em certa quantidade e, portanto, originar em si uma certa energia, isto é, uma certa intensidade de corrente. Admittida a proporcionalidade entre a intensidade e os effeitos das correntes, convirá apresentar ao alumno a maneira como essa intensidade se «mede». Como é sabido, póde avaliar-se, quer pelo peso de hydrogenio decomposto no voltametro, quer por certos effeitos dynamicos, como são, por exemplo, os que se operam nos galvanometros, etc.; em qualquer dos casos, a proporcionalidade entre as quantidades ou intensidades electricas e os effeitos chimicos ou dynamicos, offerecerão um meio sufficiente para tal apreciação.

Depois da avaliação da intensidade das correntes, segue-se naturalmnte estabelecer as «relações existentes entre essa intensidade e a massa ponderavel que constitue o conductor». N'este, ha a considerar o comprimento, o diametro da secção e a natureza da substancia de que é formado. A connexão entre a intensidade da corrente e as condições que caracterisam o conductor está perfeitamente expressa na fórmula de Ohm, fórmula de uma instituição extremamente facil. Este illustre physico, imitando os processos de Fourier destinados a estabelecer as leis mathematicas da conductibilidade calorifica, imaginou um fio de certo comprimento e dividido em secções infinitesimas: n'elle suppõe que o fluido electrico deriva em taes secções n'uma quantidade proporcional á differença das tensões que lá se manifestam; suppõe que se transmitte integralmente de uma secção á outra. Ora, um raciocinio simples levou-o á conclusão de que a quantidade de electricidade se relaciona com as condições caracteristicas do conductor, de maneira que, sendo

proporcional á differença entre as tensões extremas e ao diametro e á conductibilidade do fio, é inversamente proporcional ao seu comprimento. A fórmula de Ohm vem confirmar, por um raciocinio *á priori,* as experiencias, sobre o mesmo assumpto, de Davy e Pouillet.

Taes são as noções que, em electrologia, nos parecem indispensaveis antes de o alumno tentar resolver o problema dynamico fundamental d'este ramo da sciencia, isto é, determinar a natureza da força que produz os phenomenos electricos. Ora, n'estas alturas, impõe-se de uma maneira naturalissima a solução de um tal problema.

425.° Sempre que, nos differentes capitulos da dynamica, é necessario determinar a natureza da força productora dos phenomenos, o espirito desce até ao estudo do mundo concreto e experimental; uma vez ahi, determina as condições em que se realisam os factos; das relações que d'elles resultam, sóbe até á explicação da natureza da força productora. Os principios experimentaes que serviram de base á dynamica geral, as leis de Kepler em dynamica celeste, as leis da quéda dos corpos, e o principio de igualdade de pressão e a lei de Mariotte na dynamica terrestre, foram outros tantos factos empyricos que tivemos de préviamente analysar, para d'elles nos elevarmos até á concepção das fórmas que vão tomando as forças productoras. N'esta altura da electrologia, ao tratarmos de determinar a natureza da força que produz os phenomenos electricos, será igualmente ao seio da experiencia que iremos buscar as relações empyricas d'onde deduziremos a natureza das forças electricas; assim, ficará bem evidente que todos os capitulos da dynamica são fundidos nos mesmos moldes.

É a Colombo que se deve a instituição da experiencia, destinada a pôr em relêvo a natureza das forças electricas. Estudando, por meio da balança que tem o seu nome, as attracções e repulsões electricas e relacionando a intensidade da força que as produz com a distancia a que estão uma da outra a massa actuante e a massa actuada, conseguiu descobrir que «a

intensidade d'essas forças varia na razão directa das quantidades de electricidade existentes nos conductores em presença e na inversa do quadrado das distancias entre elles». Se suppozermos dous conductores contendo cada um d'elles massas de materia electrica iguaes á unidade e estando entre si a uma unidade de distancia, designando por φ a acção que uma de taes massas exerce sobre a outra, a acção exercida por uma massa electrica qualquer m sobre outra m' e á distancia d, será

$$f = \pm \varphi \times \frac{m \times m'}{d^2}$$

Por uma inspiração genial, Colombo verificou que a intensidade da força productora das attracções ou repulsões entre dous magnetes se exprimia por meio de relação analoga á anterior, vindo, assim, as forças magneticas a variar na razão das quantidades de magnetismo e na inversa do quadrado das distancias. Ora, para Colombo seria quasi impossivel dar-se conta *á priori* d'esta curiosa analogia; para o nosso alumno, que já sabe como os diversos conductores electricos se relacionam e transformam entre si desde a corrente rectilinea até aos magnetes, a identidade das duas relações será a prova experimental de que um magnete é verdadeiramente um conductor selenoidal. Como é facil de vêr, a lei de Colombo é analoga á lei newtoniana, assim como os phenomenos electricos, caracterisando-se por attracções e repulsões entre quantidades de electricidade, são bem similhantes aos phenomenos astronomicos de attracção e repulsão que se manifestam entre as massas celestes.

A lei de Colombo póde considerar-se, n'uma primeira approximação, como exprimindo a intensidade das forças electricas, e isto qualquer que seja a fórma dos conductores. Penetrando, porém, mais a fundo na questão, o alumno deverá modificar a fórmula analytica que exprime essa intensidade, a fim de exprimir novos elementos introduzidos por certas variações

na fórma dos conductores. Assim, por exemplo, a fórmula de Colombo, tal como acima se apresentou, é exacta para o caso de dous conductores esphericos; é, porém, insufficiente para a hypothese de conductores filiformes e rectilineos, pois que, então, deverão figurar tambem, na expressão analytica, as inclinações relativas d'esses conductores.

As duas experiencias fundamentaes de Colombo bastarão, entretanto, como ponto de partida para que a fórmula fundamental possa estender-se a todos os casos; simples operações de calculo farão o resto.

E, com effeito, é primeiro que tudo evidente que as forças electricas admittem um *potencial*, e que, portanto, esse potencial póde ser definido analyticamente, quer para o caso de um magnete elementar, quer para o caso de um folheto magnetico. Ora, se a lei de Colombo é verdadeira para o caso dos simples magnetes, tambem o é para o caso dos folhetos magneticos: para isso, bastará considerar que, diminuindo uma das tres dimensões do magnete tanto quanto se queira, elle se transformará, sem alteração essencial da sua natureza, n'um folheto magnetico, cuja intensidade electrica estará ainda subjeita approximadamente á mesma lei. Considerando, porém, que, se suppozermos, por exemplo, um folheto actuando sobre um ponto, a sua intensidade será modificada pela inclinação do folheto em relação a esse ponto, é evidente que a fórmula geral virá a ser modificada em ordem a exprimir a influencia d'uma tal inclinação.

Tomando como ponto de partida estas considerações, fica indicado o caminho a percorrer, pois que a lei de Colombo foi determinada para o caso de dous conductores em que as tres dimensões se equilibrassem e as acções mutuas se effectuassem n'uma certa linha de direcção. Pretendemos estendel-a ao caso das acções de uma corrente rectilinea sobre um pólo? Bastará assimilar a corrente a um folheto, limitado por um lado e indefinido pelos outros; um calculo simples definirá a intensidade da força electrica segundo a fórmula de Colombo, modificada

de modo a exprimir a inclinação que se fórma entre a direcção da corrente e a linha que liga o seu centro ao pólo magnetico. Queremos applicar a lei em questão ao caso das acções mutuas de duas correntes? Bastará assimilar as duas correntes a dous folhetos; o calculo determinará, como expressão da intensidade da força electrica, a que nos foi dada pela experiencia, modificada, em todo o caso, de modo a exprimir as inclinações mutuas dos dous elementos de corrente. Se estes se suppozerem perpendiculares á linha que une os respectivos meios, os cosenos que exprimem as inclinações, deixarão de influir na fórmula e teremos então a lei de Colombo como a experiencia a dictou.

Desde que a lei se generalisa para correntes rectilineas e magnetes, é facil generalisal-a a correntes curvilineas, cylindros electro-dynamicos, selenoides, etc.; a lei de Colombo virá, assim, a apresentar-se-nos como sendo a de todas as acções electricas, comprehendendo, é claro, n'estas as magneticas.

Ha mesmo uma fórmula de Clausius, destinada a exprimir a intensidade das forças electricas em todos os casos, partindo da hypothese de que ha uma só corrente e que esta deriva do pólo positivo para o negativo. Weber instituiu uma outra, que se póde considerar igualmente como geral; para que exprima rigorosamente a lei de Colombo como é dada pela experiencia, bastará fazer desapparecer n'ella certos elementos que, pela propria estructura da fórmula, se vê claramente poderem desprezar-se sem inconveniente. Em summa, a intensidade das forças electricas e magneticas é bem a que se exprime pela lei newtoniana, o que eleva esta concepção á altura de uma bella e grande generalisação.

426.° Desde que se admitte que a força productora das acções electricas varia na razão inversa do quadrado das distancias, o trabalho d'essa força é um potencial, cabendo-lhe todas as propriedades que caracterisam esta importante noção mathematica. Torna-se então facil operar, aqui como anteriormente, a applicação do abstracto ao concreto pelos methodos de decomposição e posição. O potencial das forças electricas

será considerado em relação a tres eixos coordenados, será estudado na sua composição infinitesimal, etc.; por outro lado, considerar-se-ha o potencial de um ponto quando a força electrica emana d'um outro ponto, ou quando emana de muitos pontos, dispersos no campo electrico ou disseminados de modo a produzirem-se em continuidade. No caso da dispersão, uma somma algebrica dará a composição do potencial resultante; no caso da continuidade, será necessario recorrer á integração. Haverá, aqui, igualmente occasião de considerar as linhas de força, as superficies equipotenciaes, etc., etc.

Em summa, todas estas noções, de que apenas apresentamos uma idêa rapida, são extremamente simples para um alumno educado segundo o systema pedagogico desenvolvido nas paginas d'este Tratado. Não devemos perder de vista que os conhecimentos humanos se adquirem por um processo de assimilação de noções novas a noções anteriores; que o alumno se ache, presentemente, de posse de todas essas noções anteriores, bebidas na phoronomia, na dynamica geral, na dynamica celeste, etc., e os novos conhecimentos que se lhe ministram serão uma derivação, tão logica, dos anteriores, que bastará despertar-lhe na mente a idêa-mãe para que o alumno quasi de per si os construa. A sciencia, repetimol-o mais uma vez, em si não é difficil; o que a complica no ensino, é a falta de espirito philosophico e pedagogico, que muitas vezes inspiram os que a ministram.

427.º Desde que, por uma applicação judiciosa do abstracto ao concreto, se determinou a natureza da força electrica e se relacionou com os phenomenos concretos n'uma relação geral de successão, o nosso alumno tem deante de si uma d'essas syntheses geraes, aptas a desintegrarem-se em relações particulares, isto é, proprias para d'ella se deduzirem os factos empyricos que a instrucção primaria lhe offereceu. Se uma tal deducção fôr incompleta, devel-o-ha ao estado imperfeito d'este ramo da sciencia — no momento actual tão incompleto, e não á constituição logica que fatalmente adquirirá quando lhe fôr

dado attingir o seu pleno desenvolvimento. Em summa, a exemplo do modo como se procedeu na dynamica geral ou celeste, fixada a synthese geral cumpre ao professor apresentar ao seu alumno os processos por via dos quaes d'ella se deduzem os casos, particulares e em geral empyricos, lá contidos. Assim, mais uma vez apparecerão unificados nas syntheses logicas que a instrucção secundaria construe, os factos, desconnexos e isolados, que a instrucção primaria registrou.

Não podendo dar a taes deducções toda a sua amplitude, indiquemos apenas alguns exemplos.

Assim, considerando um conductor isolado, concluir-se-ha facilmente que a densidade electrica, no interior d'esse conductor, é igual a zero, e que, portanto, toda a massa imponderavel se accumula na superficie; deduzir-se-ha igualmente que tende a accumular-se e a derivar pelas pontas; e, finalmente, que o potencial da Terra é igual a zero. Se agora, por ventura, consideramos as acções mutuas de dous conductores, deduzir-se-ha, por outro lado, que a electricidade desenvolvida n'um accumular-se-ha n'outro que o envolva, o que corresponde a um facto descoberto experimentalmente por Faradey. Em seguida a estas deducções, vem o caso de dous conductores em presença, quando um communica com o sólo e o outro com um gerador: é a hypothese dos condensadores. Então, provar-se-ha, pelo calculo, que a massa electrica n'elles contida será maior quando os systemas electrisados fazem parte d'um condensador de que o é quando estão livres.

Se a espessura do dielectrico que separa dous conductores, diminue até se tornar zero, pela relação $\varphi = \frac{dv}{4\pi e}$ vêr-se-ha que, ao tornar-se nulla a espessura e, a densidade φ será, por assim dizer, infinita; teremos então, por deducção, o caso das machinas electricas, systemas estes que realisam taes condições. A relação em questão estende-se, na essencia, ao caso da geração electrica por meio da pressão exercida por um corpo sobre outro, ao caso da clivagem, etc.

Com o mesmo rigor se deduzirão os phenomenos de attracção e repulsão de correntes entre si e as suas circumstancias caracteristicas. A operação consiste, pouco mais ou menos, no seguinte: em transformar a relação analytica que define a força electrica para o caso de duas correntes, de modo a poder applicar-se ao caso de que se tratar; em suppôr duas correntes angulares, e em fazer variar certos e determinados angulos. Pelo calculo, deduzir-se-ha que, se as duas correntes se affastam do vertice, attrahir-se-hão, e que, se uma se dirigir para elle e a outra se fôr affastando, ellas hãode repellir-se; etc., etc.

Não estando no espirito d'esta obra acompanhar, passo e passo, as operações de calculo necessarias para realisar aquellas deducções, limitamo-nos a dar d'ellas uma indicação summaria; o leitor curioso poderá vêl-as em qualquer tratado de physica superior.

428.° Tal é, n'um ponto de vista muito geral, a maneira como nos parece deverá ser pedagogicamente systematisado este interessante ramo da physica. Considerando-a no seu conjuncto, a electrologia scientifica deve ser olhada como um bello producto das nossas faculdades constructivas. Occupando-se, na sua essencia, de estabelecer relações analyticas de successão entre as forças electricas e os phenomenos a que dão causa, é uma associação de elementos, no objecto totalmente representativos e nas idéas integralmente racionaes: são, com effeito, objectos representativos as massas imponderaveis, os seus movimentos, as forças que os produzem, as suas combinações geometricas, as syntheses analyticas que tudo isso relacionam. Assim considerada, a electrologia da instrucção secundaria separa-se nitidamente da que apresentamos ao alumno na instrucção primaria: n'esta, são conductores de materia ponderavel o que se vê mover, attracções e repulsões o que se objectiva «empyricamente»; n'aquella, são massas imponderaveis que se «concebem» em movimento ou equilibrio, forças e trabalhos de forças e intensidades de forças—uma geometria e uma dynamica especiaes, que se combinam representativamente no espirito. As

massas e os movimentos presentativos e as noções empyricas que de tudo isso fórma o alumno ao atravessar a instrucção primaria, são a base do edificio; as concepções representativas que se lhe offerecem, na instrucção secundaria, são a cupula: os dous grandes grupos de noções constituem um corpo só.

Na electrologia, tal como acabamos de a expôr, tudo se reduz a filiar os systemas conductores entre si; a determinar a existencia e propriedades da materia imponderavel que n'elles circula; a constituir uma geometria de forças apropriada á questão de que se trata; pelas condições dos phenomenos, a determinar a natureza da força productora; a instituir as connexões analyticas que a liguem aos phenomenos; e, finalmente, a deduzir das syntheses geraes os factos, já registrados pela experiencia, ou outros novos. Como é facil de vêr, o problema em torno do qual giram, a final, todas estas noções, é duplo e consiste: em determinar, por meio dos phenomenos, a força productora; das relações estabelecidas, em deduzir os factos n'ellas contidos. Tudo o mais são circumstancias preparatorias, que auxiliam o ponto de vista principal. A electrologia é, portanto, uma verdadeira sciencia abstracto-concreta, destinada a occupar-se, como outros ramos da dynamica, de estabelecer relações geraes entre os phenomenos e suas causas. Assim, sob este ponto de vista, a geometria analytica e a dynamica geral e a dynamica celeste e a dynamica das massas terrestres constituem uma longa série logica de que a electrologia é o ultimo termo.

Em todas ellas, ha a considerar aggregados ou movimentos reaes ou ideaes, empyricos ou conceptuaes, representados pelos seus modos de ser determinantes; em todas, ha uma causa productora d'esses aggregados ou movimentos; em todas, ha relações analyticas geraes entre a causa productora e os phenomenos produzidos; em todas, ha, finalmente, o emprego do instrumento deductivo, destinado a trazer a lume, no seio d'essas syntheses, os factos experimentaes n'ellas contidos: todos estes capitulos do saber humano são, pois, fundidos no mesmo

molde, dirigidos pelo mesmo espirito de construcção scientifica, executados segundo o mesmo plano.

Que na electrologia as relações mathematicas são instituidas por meio dos dous grandes methodos de applicação do abstracto ao concreto, parece-nos escusado accentual-o, pois que para o leitor é isso um facto evidentissimo; que as syntheses da electrologia são construidas á custa de syntheses anteriores da geometria analytica e da dynamica, etc., é igualmente um facto evidentissimo; que essas syntheses revelam uma alta generalidade logica, claramente se manifesta na maneira como se prestam a ser fontes de rigorosas inferencias; que é deductivo o caracter da electrologia, é, por outro lado, um facto que não póde, cremos nós, deixar de pôr-se em evidencia, pois que ficou accentuadamente estabelecido: assim, a electrologia scientifica, tal como acaba de ser considerada, reune todos os caracteres que devem distinguir um corpo de doutrinas para fazer parte da instrucção secundaria.

Para concluir, parece conveniente accentuar ainda que razões influiram em nós para collocar a electrologia logo depois da dynamica das massas terrestres. Essas razões resaltam, com toda a evidencia, do que temos dito anteriormente. Entre a dynamica celeste ou a dynamica das massas terrestres e a electrologia — reduzida aos seus phenomenos mechanicos, ha analogias tão intimas que seria ir contra as leis do methodo pedagogico não collocar uma após a outra: da noção d'um fluido gazoso passa-se insensivelmente para a concepção do fluido ethereo; dos vasos que conteem aquelle, transita-se de certa maneira para a consideração dos conductores em que as massas de fluido electrico se equilibram ou derivam; os movimentos de umas e outras massas são verdadeiramente «centraes»; as forças productoras podem considerar-se comprehendidas na grande concepção newtoniana. D'esta fórma, a electrologia havia de fatalmente succeder-se, na ordem pedagogica, á dynamica das massas terrestres, como esta se succedeu á dynamica celeste. Muitos livros de ensino collocam a electrologia

depois da optica e da thermologia, separando-a, portanto, da physica das massas solidas ou fluidas; e são forçados a proceder assim, porque precisam de preparar o alumno com o conhecimento dos phenomenos luminosos ou thermicos, para se comprehenderem esses mesmos phenomenos quando de natureza electrica.

Assim, para attenderem, por um lado, ás exigencias do verdadeiro methodo, falseiam-no por outro. Uma tal contradicção no seu modo de proceder desappareceria, se, como nós, considerassem a principio só os phenomenos electricos—attractivos ou repulsivos, deixando para o fim da physica o realisar uma synthese, destinada a ter por objecto as transformações geraes de movimentos; e, então, conhecidos individualmente os differentes grupos de factos, poderiam elles ser apresentados nas suas transformações, com grande ganho de causa em favor do bom methodo. Será, por menos, assim que n'este Tratado procederemos.

Consideradas as cousas d'esta maneira, a electrologia succede-se naturalmente á dynamica das massas terrestres, como esta se succede á das celestes e como esta se succede á dynamica geral, avançando-se do mais geral para o menos geral, do mais abstracto para o mais concreto, n'uma generalidade decrescente e complexidade crescente. Assim devia ser. Na electrologia, tudo é mais complexo do que nas sciencias anteriores: as massas, os movimentos, os meios em que se produzem os factos, as forças, etc.

Ao espirito exige-se, para constituir a electrologia, um esforço combinativo que terá de pôr em contribuição noções variadas, fornecidas pelas anteriores, e, além d'isso, complicadas com novos elementos que devem entrar em jogo; de maneira que, assim, vem ella a ser um dos ramos mais complexos da dynamica do mundo.

SUBSECÇÃO III

DYNAMICA MOLECULAR

CONSIDERAÇÕES GERAES

429.° A physica molecular constitue um largo e interessante capitulo da dynamica do mundo. A causa de certos phenomenos da natureza, como são a luz e o calor e o som, desafiou, desde longo tempo, a curiosidade dos homens. D'ahi, a repetição de tentativas para explicar o mechanismo da sua producção. Ora, o grande objectivo da dynamica molecular é, com effeito, o seguinte: crear, baseada nos factos, uma grande construcção, representativa e racional, destinada a explicar não só os factos conhecidos, mas outros novos. Observação de phenomenos empyricos, massas, velocidades, linhas de movimento, forças, tudo se associa n'uma grande combinação mental para explicar tão curiosos phenomenos. Deixando de lado antigas hypotheses, e acceitando, por completo, a concepção dynamica com que a sciencia moderna tenta explicar taes phenomenos, o que importa, portanto, primeiro que tudo, é caracterisar, d'uma maneira geral, os pontos fundamentaes para que o professor deverá chamar mais vivamente a attenção do seu alumno. É o que vamos fazer.

430.° Na physica molecular, abarcando-a em toda a sua larga generalidade, ha dous elementos fundamentaes a considerar:

1.° Os factos empyricos ou presentativos, de cuja observação nos elevamos até á concepção representativa que na sua

totalidade constitue o objecto, altamente abstracto, da physica molecular;

2.º A concepção abstracta, objecto da physica molecular: E n'esta concepção ha ainda a considerar:

a) O elemento concreto, ou sejam os «movimentos moleculares» em si;

b) O elemento abstracto-concreto, ou sejam as «relações de successão que ao espirito é possivel estabelecer entre os movimentos — como termo concreto, e as forças que os produzem — como termo abstracto.

Conclue-se, portanto, que para estes tres pontos de vista hade ser chamada a attenção do alumno.

D'estes tres elementos, a sciencia conseguiu instituir até hoje, com sufficiente clareza, os grupos de noções que dizem respeito, quer aos factos d'onde hade derivar a concepção abstracta, quer aos movimentos, objecto d'essa concepção; por o que respeita ás relações de successão a estabelecer entre movimentos moleculares e suas forças geradoras, ha maior incerteza, não sendo possivel, por emquanto, definir um tal objecto em toda a sua nitidez. D'aqui deriva, portanto, a necessidade de concentrarmos a attenção do alumno n'estes dous elementos fundamentaes, que constituem duas faces, bem salientes, do objecto da physica molecular, a saber:

a) Os factos de que hade induzir-se a concepção abstracta;

b) Essa concepção abstracta, considerando-a como um grande conjuncto de movimentos moleculares.

Por outras palavras: na sua quasi totalidade, a physica molecular será para nós «uma grande combinação, do genero phoronomico, que será necessario induzir rigorosamente dos factos observados». Como o leitor sabe, até aqui a dynamica temnos offerecido dous typos fundamentaes de combinações: aquelle em que associamos, n'uma coexistencia, massas e trajectorias e velocidades, etc., constituindo um todo concreto, isto é, o typo phoronomico; e aquelle em que associamos, n'uma relação de successão, o movimento como phenomeno e as forças que o

produzem como causa, isto é, o typo dynamico. Do primeiro, é um exemplo a astronomia; do segundo, é-o a dynamica celeste. Ora, será ao primeiro typo que assimilaremos o objecto da physica molecular, pois que ella é realmente uma grande construcção phoronomica, de natureza altamente representativa e abstracta.

431.° Por o que acabamos de dizer, vê-se, pois, que, ao apresentar ao seu alumno a physica molecular, cumpre ao professor chamar-lhe a attenção para dous pontos de vista fundamentaes:

1.° Os factos de cuja observação elle se hade elevar até á concepção dos movimentos abstractos que lhe constituem o objecto;

2.° A concepção, pura e abstracta, d'esses movimentos.

O complexo de factos de cuja observação o espirito do alumno hade subir até á concepção abstracta dos movimentos da physica molecular, constitue uma especie de introducção forçada a cada um dos capitulos em que ella se divide.

Cumpre, portanto, primeiro que tudo, fixar quaes os ramos fundamentaes em que a physica molecular se deverá seccionar. É o que vamos fazer.

Como sabemos, os movimentos que consideramos na dynamica do mundo, são de duas ordens: centraes e oscillatorios. Tratando-se de movimentos moleculares, isto é, de movimentos em que as massas são moleculas, claro é que todos elles hãode ser reduzidos áquelles dous grupos: e, assim, os movimentos centraes serão aquelles que se traduzem para nós pelos phenomenos da «capillaridade» e «osmose», etc.; os oscillatorios serão aquelles que nos apparecem traduzidos em phenomenos sonoros, thermicos e luminosos. Naturalmente, n'estes ultimos haverá a constituir ainda dous grupos: o dos movimentos oscillatorios que produzem os phenomenos sonoros, e o dos que se manifestam pelos phenomenos thermo-opticos. Devidos, com effeito, uns e outros a oscillações de moleculas, differem, comtudo, por esta propriedade fundamental: os pri-

meiros propagam-se no seio da materia ponderavel; os segundos, no seio da materia imponderavel.

A ordem, natural e pedagogica, em que deverão ser presentes ao alumno todos estes diversos grupos de movimentos, será, pois, a seguinte:

1.° Movimentos moleculares-centraes, que empyricamente se traduzem por phenomenos que denominamos «capillares» e outros;

2.° Movimentos moleculares-oscillatorios, e, portanto:

a) Movimentos moleculares e oscillatorios, que se traduzem por phenomenos sonoros;

b) Movimentos moleculares e oscillatorios, que se traduzem por phenomenos thermo-opticos.

Um capitulo sobre a transformação geral, umas nas outras, das differentes fórmas de movimento, terminará a physica molecular, e, portanto, o conjuncto geral da dynamica.

432.° Se estes são os capitulos fundamentaes da physica molecular, claro é que, como introducção a elles, deverá o professor apresentar os factos de que o alumno hade derivar a concepção abstracta das especies de movimentos que constituem o objecto de cada um; mas, além d'estas introducções parciaes, a titulo de introducção geral á physica molecular deverá o professor apresentar ao alumno a série de raciocinios por via dos quaes o espirito humano é levado até á concepção do que denominamos « moleculas ».

Nos movimentos moleculares ha a considerar:

a) A massa que os gera;

b) Os movimentos em si.

Ora, a ser assim, claro é que, primeiramente, cumpre que o espirito se erga, natural e pedagogicamente, até á concepção da natureza da «massa que gera taes movimentos». Depois, quando passarmos aos differentes capitulos da physica molecular, lá se indicarão os factos que levam igualmente o espirito até á concepção das fórmas particulares sob que taes movimentos se apresentam.

Indiquemos, pois, d'uma maneira geral, a série de raciocinios, destinados a pôrem em evidencia a existencia da «molecula».

As operações mentaes que têem por objecto estabelecer a hypothese molecular e atomica, constituem um dos elementos fundamentaes da theoria atomica, de maneira que, nos livros de sciencia e de ensino, apparecem-nos como servindo-lhes de introducção natural. Assim, o complexo geral de noções, destinadas a servirem de base á hypothese molecular, redistribue-se em dous grupos, bem fundamentaes e definidos; n'um, comprehendem-se os factos conhecidos pelo nome de «lei da permanencia da materia» ou o «principio das proporções definidas» ou a «lei das proporções multiplas de Dalton»—grupo este que serve de alicerce para sobre elle basearmos a concepção da existencia real da «molecula»; n'outro, comprehende-se principalmente a lei dos volumes, lei de que deriva fatalmente a necessidade de admittir a existencia dos «átomos».

Esta divisão, que nos parece fundamental, está, de resto, perfeitamente em harmonia com a evolução geral das idéas chimicas. Lavoisier introduz, com effeito, no laboratorio a balança e, assim, fixa a lei da permanencia da materia; Proust, descobre a lei das proporções definidas; Dalton, estabelece a lei das proporções multiplas: ora, da combinação de todas estas experiencias empyricas surge, por ultimo, no espirito de Dalton a concepção de que, para as explicar, se apresentava como indispensavel o admittir que as massas tangiveis de materia haveriam de ser agglomerações de elementos, mais pequenos e conceptuaes, que denominou «átomos», isto é, as nossas moleculas actuaes.

Mais tarde, os factos relativos aos volumes gazosos, descobertos pelo immortal Gay-Lussac, crearam a necessidade impreterivel de conceber as moleculas, isto é, átomos de Dalton, ainda divididos em partes mais pequenas, partes a que se deu o nome de «átomos». Ora, pois que na historia das idéas chimicas estes dous grupos de concepções e factos nos apparecem

tão bem definidos, será perfeitamente pedagogico, parece-nos, abrir a physica molecular por aquelles que se destinam a servir de base á concepção da molecula e deixar para a chimica aquelles de que deriva a concepção d'átomo. Será realmente absurdo pedagogico penetrar na esphera da dynamica molecular, isto é, n'esse ramo de sciencia que se occupa de movimentos cujas massas geradoras são *moleculas,* sem apresentar ao alumno, a titulo de introducção, a série de factos e raciocinios necessarios para que a molecula seja para elle — não uma hypothese sem base, mas uma concepção — verdadeiramente real e indiscutivel. Assim, apresentando n'este logar os factos de que deriva para nós a certeza da existencia das moleculas como simples « massas » geradoras de movimentos, deixaremos para a chimica ess'outra ordem de factos, destinados a servirem de base á concepção da molecula — como um « aggregado » composto d'átomos.

Dadas estas explicações prévias, passemos a caracterisar rapidamente os factos de que deriva a concepção molecular.

433.° N'este ponto, é evidente que só temos a recordar factos que o alumno já conhece, mais ou menos, desde a instrucção primaria.

Passemol-os, rapidamente, em revista.

Primeiro facto empyrico: — Estabelece-se, n'elle, « que o peso d'uma substancia composta equivale á somma dos pesos das substancias componentes ». Como é facil vêr, ha, aqui, um facto de *ponderabilidade,* cuja significação consiste essencialmente, e para o caso presente, em nos fazer comprehender que, se a attracção terrestre exercida sobre o composto equivale ás attracções exercidas, em separado, sobre os componentes, é porque a quantidade de substancia material contida no composto equivale, por seu turno, ás quantidades de substancia material contidas, em separado, nos componentes; uma verdadeira relação de ponderabilidade, mercê da qual, por via das acções da gravidade que observamos, podemos induzir as porções de massa que as supportam.

SEGUNDO FACTO: — Estabelece-se, n'elle, « que são fixos os pesos sob os quaes as differentes massas de materia se associam para, em qualquer logar e tempo, se combinarem em ordem a dar origem a uma dada massa de materia »; isto é, os effeitos da attracção terrestre exercidos sobre as massas componentes e os exercidos sobre as massas que da sua combinação resultam, apresentam-nos, para as mesmas combinações, sempre a mesma intensidade. D'isto se induzirá que serão sempre *constantes* as porções de materia sobre que se exercem, porções de materia destinadas, como se sabe, a constituirem um dado corpo composto.

TERCEIRO FACTO: — Estabelece-se, finalmente, n'elle, que, dada uma certa porção constante de materia e dada uma outra porção de materia — differente e dividida em muitas partes, se com o peso constante da primeira é possivel combinar o peso d'uma qualquer das partes da segunda, quaesquer combinações novas a realisar entre o peso constante da primeira porção de materia e porções da segunda effectuar-se-hão de maneira que, para cada combinação nova a realisar, com o peso constante da primeira se associarão porções ponderaveis da segunda estando para o peso que entrou na combinação primitiva — peso que poderá representar-se por 1, como 2 para 1 e 3 para 1 e 4 para 1, etc.» Aqui ha, como é facil de vêr, ainda uma relação de ponderabilidade, mas, atravez d'ella, apparece já uma nova e mais importante relação; é a de *divisibilidade*, pois que uma das substancias, para realisar muitas combinações com outra constante, hade apresentar-se-nos dividida em porções ponderaes, equivalentes a um dado peso invariavel.

Taes são os factos empyricos sobre os quaes se baseia a concepção racional, destinada a definir, como indiscutivel, a existencia dos elementos moleculares.

Para isso, bastará, com effeito, suppôr divididos em partes iguaes e muito pequenas e de pesos constantes, as massas de materia que se combinam: claro ficará, então, que aos factos, destinados a patentearem-nos, na esphera empyrica, as combi-

nações do peso constante d'uma certa massa de materia com os pesos duplos ou triplos ou quadruplos de outra massa de materia differente, serão parallelas as concepções destinadas a offerecerem-nos, na esphera supra-sensivel e como uma verdadeira realidade, a existencia de porções insensiveis de certa substancia com peso constante, isto é, d'uma molecula d'essa substancia, combinando-se com os pesos duplos ou triplos ou quadrupulos de porções insensiveis d'outra substancia differente, isto é, com as moleculas de que é constituida; e, assim, a hypothese molecular será naturalmente derivada dos factos.

434.° Depois de havermos elevado o alumno até á concepção da molecula como um facto de existencia real, cumpre que o elevemos até á concepção dos proprios movimentos que a molecula produz, considerada como massa que se desloca.

Esta segunda parte de tão elevada concepção scientifica, constitue, não uma simples introducção geral, mas antes a propria essencia d'esse ramo do nosso saber fundamental, a que denominamos «dynamica molecular». Sendo, com effeito, identica a massa geradora, pois que esta é sempre a molecula, variados são comtudo os movimentos que gera; parallelos a essas fórmas differentes sob que se nos apresentam os movimentos moleculares, veem-nos igualmente sob caracteres diversos os factos empyricos de cuja observação nos elevamos até á concepção racional d'uma tal ordem de movimentos; d'esses complexos de factos diversos hãode, por outro lado, derivar, por via de raciocinios differentes, as concepções dynamicas que lhes correspondem: ora, todas estas differenciações em factos e especies de movimentos derivados dos factos e fórmas de raciocinios que prendem aos factos as hypotheses, veem a constituir o objecto de capitulos diversos da dynamica molecular, capitulos de cujo conjuncto resulta todo este interessante ramo da nossa sciencia geral.

Em summa, conforme ainda ha pouco vimos, resulta dos factos, como em breve veremos, que os movimentos moleculares são: centraes e oscillatorios. Dos primeiros, occupar-se-ha

o capitulo que tem por objecto — as attracções e repulsões moleculares; dos segundos, pois que podem ainda differenciar-se em novas especies, novos ramos da dynamica molecular os terão por objecto. Ora, os movimentos oscillatorios podem, com effeito, ser: oscillações moleculares que se propagam n'um meio ponderavel, e oscillações moleculares que se propagam n'um meio imponderavel. Dos primeiros, occupar-se-ha a «acustica»; dos segundos, a «thermo-optica». N'esta ordem, pois, nos occuparemos d'elles, consagrando-lhes os tres capitulos seguintes. Um quarto capitulo, tendo por objecto «as transformações de movimentos de massas em movimentos de moleculas e vice-versa», terminará a dynamica molecular.

CAPITULO I

ATTRACÇÕES E REPULSÕES MOLECULARES

Idéa geral dos phenomenos devidos ás attracções e repulsões moleculares. — Fórmas que revestem os phenomenos devidos ás attracções moleculares: cohesão, capillaridade; absorpção de liquidos ou gazes pelos solidos; absorpção de liquidos ou gazes pelos gazes; absorpção de gazes por gazes; lei geral.

435.º A physica molecular, admittida a concepção da molecula e seus movimentos, deve, na nossa opinião, começar pelo estudo das attracções moleculares. Actuando na direcção da linha que une os centros de duas moleculas em mutua acção, produzem verdadeiros movimentos centraes, analogos, portanto, aos que estudamos na electrologia e dynamica das massas terrestres, etc.; a passagem, portanto, dos movimentos centraes que constituem o objecto da dynamica das massas, para os movimentos centraes que constituem o objecto d'este capitulo de physica molecular, é perfeitamente racional.

Caracterisemos, por isso, primeiro que tudo, quaes os phenomenos devidos ás attracções moleculares.

Manifestam-se ellas nas seguintes condições: entre as moleculas de um corpo solido, e então produzem a *cohesão* nos solidos — phenomeno que se manifesta por meio de propriedades taes como a ductilidade e a maleabilidade e a torção e a flexão, etc.; entre as moleculas d'um solido e d'um liquido, produzindo-se os phenomenos denominados *capillares;* entre as de

um solido e de um gaz, o que dará origem á *absorpção* dos gazes atravez da massa dos solidos; entre as moleculas de um liquido isolado, ou de um liquido e outro liquido, ou d'um liquido e um gaz; finalmente, entre as moleculas de um gaz isolado ou de dous gazes em presença, dando-se, n'este caso, a *miscibilidade* de gazes.

Como é facil de vêr, as attracções moleculares são causa de phenomenos importantes e variados, sobretudo de larga applicação na dynamica do mundo biologico. Passemos, pois, em revista, todos estes phenomenos.

436.° Pelo que respeita ás attracções das moleculas de um corpo solido entre si, a « tracção » é uma modificação nas attracções moleculares, no sentido do comprimento do corpo. Está subjeita a leis como estas: os alongamentos são proporcionaes aos comprimentos das hastes; são-no aos esforços; e são inversos das secções. A torção é uma modificação nas attracções operadas no sentido da largura. As suas leis, entre outras, são: o angulo de torção é proporcional ao esforço; os angulos são proporcionaes aos comprimentos das hastes.

É particularmente interessante considerar, d'uma maneira geral, os phenomenos capillares. Imagine-se uma superficie solida, na metade inferior da qual se haja estendido um liquido e na superior uma camada gazosa; teremos, assim, tres grupos de moleculas attrahindo-se entre si: um, que faz parte do systema solido; outro, do systema liquido; e outro, finalmente, do gazoso. Se, agora, imaginarmos uma superficie de separação entre as duas camadas—gazosa e liquida, camadas que se estendem na superficie solida, se a imaginarmos girando em torno da linha que as separa e formando um angulo com a superficie solida, poderemos fazer differentes hypotheses em relação aos angulos, todas tendentes a caracterisar, d'uma certa maneira, as relações de posição do liquido para com o solido. Assim, se a superficie movel pousa sobre a solida, o angulo que com ella fórma é de 180°; e, então, o liquido diffundir-se-ha por toda essa superficie, isto é, « molhal-a-ha » completamente; se,

agora, o angulo vae diminuindo e formando a superficie movel dous angulos diedros com a solida e sendo um agudo e outro obtuso, a superficie liquida e gazosa serão separadas uma da outra por a superficie movel e inclinada, e teremos então o caso da «depressão» de liquidos, como, por exemplo, a agua, os quaes apresentarão uma superficie convexa; se a superficie movel se torna perpendicular em relação á solida, as duas camadas—gazosa e liquida, serão separadas por uma superficie horisontal e, então, nem haverá ascenção nem depressão na massa liquida; desde que, porém, a superficie movel se inclina para lá da linha de perpendicularidade, a superficie liquida apresenta-se convexa e, então, haverá «depressão», sendo este o caso do mercurio nos tubos capillares; a hypothese em que a superficie movel se inclina por tal fórma que o seu angulo com a solida se torna zero, corresponderá, finalmente, ao de uma gotta de mercurio isolada sobre uma superficie solida.

Como é facil de vêr, n'estas differentes hypotheses comprehendem-se os casos fundamentaes que se observam nos phenomenos capillares. É a combinação das forças de attracção, derivando do solido e do liquido, que produz taes resultados: se a attracção do solido predomina sobre a do liquido, a resultante das forças attractivas tomará uma direcção tal que o liquido subirá no tubo capillar e haverá uma superficie concava; se é a do liquido que predomina sobre a do solido, o liquido descerá e haverá uma superficie convexa.

O modo como temos considerado as fórmas que apresentam os phenomenos devidos ás attracções moleculares, caracterisa-os taes como se nos offerecem, quando suppomos uma superficie solida actuando sobre as moleculas de duas superficies, uma gazosa e outra liquida. Se, particularisando a questão, suppozermos duas superficies solidas parallelas ou angulares e entre ellas uma camada liquida, teremos ainda as mesmas relações, devendo accrescentar-se-lhe a mais o que diz respeito á distancia entre as duas superficies dadas; se, em vez das duas laminas angulares ou parallelas, a aggregação das moleculas que con-

stituem o solido tomar a fórma de um tubo de pequeno diametro, dar-se-hão outros phenomenos de attracção entre as moleculas que formam o tubo e as do liquido n'elle contido, isto é, teremos os phenomenos «capillares propriamente ditos».

As leis relativas aos phenomenos capillares são simples, e denunciam claramente a natureza da força a que são devidos. Se o liquido é dos que «molham» como, por exemplo, a agua, a ascenção varia com a natureza do liquido e não com a do tubo; no caso do mercurio, isto é, dos liquidos que não «molham», as depressões variam com a natureza do solido e não com a do liquido: em ambos os casos, as ascenções ou depressões e, portanto, a intensidade das forças attractivas varia em razão inversa com a distancia entre as superficies solidas em presença.

A razão é clara. Em qualquer dos casos, a attracção depende, nos seus effeitos, da distancia entre as massas attrahentes e attrahidas, o que denuncia, desde logo, a existencia de uma força que, conforme a concepção newtoniana, depende da distancia; por outro lado, pois que no caso das ascenções é a attracção do solido que predomina sobre a do liquido, o effeito final da attracção depende da maior ou menor energia com que as moleculas do liquido adherem entre si, produzindo-se, porém, o contrario no caso das depressões. Vê-se, assim, que as attracções variam n'uma dependencia perfeita, quer da natureza das massas, quer da distancia relativa entre as massas attrahentes. Berthot (*Comptes-rendus*, 30 de julho de 1884) determina mesmo pelo calculo a natureza da força que produz os phenomenos de attracção molecular. Expressa analyticamente, é

$$f = k\, m\, m' \frac{r - \alpha}{r^3}$$

e isto para distancias sensiveis. N'esta relação m e m' são as massas das moleculas em presença, r a distancia e α uma quantidade infinitesima.

Como se vê, é a bella relação newtoniana, applicada ao

caso das attracções moleculares e com uma grande approximação.

A theoria geral d'estes phenomenos terá uma verdadeira constituição scientifica quando, relacionada a força, assim determinada, com os phenomenos, se podérem deduzir das syntheses analyticas todos esses phenomenos.

437.° A diffusibilidade de um liquido atravez da massa de outro é um effeito das attracções entre as moleculas dos dous. Se não fôra essa energia attractiva, dous liquidos em contacto ficariam apenas subjeitos ás leis de equilibrio das massas liquidas. M. Fick, assimilando o avançar lento e progressivo das moleculas d'uma massa liquida atravez de outra á conductibilidade electrica de Ohm ou á calorifica de Fourier, instituiu uma relação analytica, destinada a estender-se a todos os casos de diffusão. E' ella:

$$\frac{dq}{dt} = -k\frac{d^2q}{dt^2}$$

A lei, assim formulada, applica-se á absorpção que os solidos opéram em relação aos gazes ou aos liquidos e, ainda, á diffusão que os gazes opéram atravez dos gazes. Como se vê, é uma relação perfeitamente geral.

Um caso particular, sobre o qual o professor insistirá, é o das diffusões operadas atravez d'uma membrana, vegetal ou animal. Conforme são ou não susceptiveis de atravessar a membrana de separação, assim as differentes substancias serão classificadas como colloides ou crystaloides. Assim, os phenomenos que são a objectivação exterior das attracções ou repulsões, apresentam-se-nos como particularmente interessantes, quando os destinamos a explicarem certos modos de ser do dynamismo vital.

CAPITULO II

A ACUSTICA

O objecto da acustica na instrucção primaria e secundaria. — Composição geral da acustica. — Exposição pedagogica da acustica theorica: instituição da série de raciocinios, destinados a derivar dos factos a concepção racional das vibrações sonoras; a vibração isolada d'uma molecula vibrante; as vibrações successivas de moleculas vibrantes; vibrações simultaneas de duas ou mais moleculas vibrantes; composições de vibrações; vibrações de systemas theoricos de moleculas vibrantes.—Exposição pedagogica da acustica applicada: systemas solidos; systemas gazosos. — Considerações finaes.

438.º Na composição geral do ensino primario tal como anteriormente foi apresentado, offerecemos ao alumno a porção de phenomenos sonoros que, pelo seu caracter essencialmente empyrico, podia comprehender-se n'aquelle importante ramo da nossa instrucção geral; e, assim, pôde elle contemplar varios processos de producção do som, as maneiras como se propagava, a producção dos echos e resonancias, o vibrar das cordas sonoras, o funccionar dos tubos acusticos, das placas vibrantes, etc., etc.

Ora, sobre esta larga base empyrica, vae, agora, no ensino médio, erguer o professor essa grande construcção abstracta que tem por objecto explicar os phenomenos sonoros, isto é, vae architectar essa longa associação de trajectorias e de velocidades e de posições de linhas e de massas moventes e de

tempos decorridos, tudo destinado a constituir esse conjuncto abstracto de elementos que hade explicar-nos a causa productora do som. Sob o ponto de vista que nos occupa, ha, pois, entre a instrucção primaria e a secundaria uma profunda differença: na primaria, o objecto a offerecer á contemplação do alumno é puramente «presentativo» (78) e as noções, organisadas ácerca d'elle, são essencialmente «empyricas» (73); na secundaria, o objecto é uma construcção puramente «representativa» e, por seu turno, «racionaes» as idéas que o espirito ácerca d'elle organisa. Vê-se claramente que na nossa concepção pedagogica as noções bebidas n'um ramo de ensino preparam sempre a acquisividade das noções que constituem o objecto do ramo superior; o empyrico serve constantemente de base ao conceptual.

439.° Deixando, pois, o ensino primario e contemplando em toda a generalidade da sua composição o objecto da acustica tal como, no ensino secundario, deve ser presente ao alumno, apparece-nos elle como uma grande construcção de natureza essencialmente phoronomica, como um phenomeno em que muitos elementos abstractos se agrupam para constituirem um verdadeiro concreto, o qual, por seu turno, não deixa, em todo o caso, de se apresentar como um abstracto em relação aos proprios phenomenos sonoros que a observação empyrica registra. Na acustica, ha, em verdade, a considerar estes dous elementos fundamentaes da dynamica do mundo: por um lado, o phenomeno phoronomico em si, isto é, esse conjuncto de movimentos moleculares, destinados a explicarem os phenomenos sonoros; por outro, o conjuncto abstracto de energias, capazes de provocarem oscillações nas moleculas vibrantes, e, portanto, essas relações de successão entre os movimentos moleculares productores do som — o que constitue o phenomeno, e as forças geradoras — o que constitue a causa do phenomeno. Cumpre, porém, accentuar, desde já, que, na sciencia dos phenomenos sonoros, o ponto de vista que prende mais a attenção do pensador e, portanto, do pedagogista, não é o que offerece

á nossa analyse, como objecto de estudo, as relações de successão entre o elemento phoronomico e a sua causa geradora; é, antes, o phenomeno phoronomico em si, isto é, essa construcção representativa em que associamos trajectorias e velocidades e moleculas oscillantes e tempos decorridos, destinada a explicar, por seu turno, os phenomenos empyricos. Em summa, é o ponto de vista «concreto» e não o ponto de vista «abstracto-concreto» aquelle que principalmente nos interessa. E foi até esta a razão por que, ao classificarmos as sciencias em que se redistribue o nosso saber fundamental (191), inscrevemos a «acustica» no grupo das sciencias concretas que se occupam de «movimentos».

Caracterisado, assim, d'uma maneira geral, o objecto da acustica, penetremos, mais a fundo, na sua composição.

Como sabemos, o som é um effeito de vibrações de moleculas ponderaveis, propagando-se na materia ponderavel; a linha de propagação é, por seu turno, uma verdadeira trajectoria, gerada pela somma total de muitas trajectorias parciaes; estas são, por sua vez, geradas pelas deslocações infinitesimaes das moleculas componentes do meio elastico, as quaes, oscillando ao longo d'uma certa linha, se impellem umas ás outras; todos estes movimentos se realisam em certos periodos de tempo, podendo ser medidos por uma duração; essa medida exprime-se por uma verdadeira velocidade; da combinação d'estes movimentos, assim considerados, deriva toda a estructura, intima e essencial, do phenomeno sonoro: ora, a ser assim, o objecto da acustica póde apresentar-se-nos ao espirito como a repetição d'um typo, mais abstracto e já conhecido, isto é, como a repetição d'essa ordem de movimentos representativos de que se occupa a «phoronomia geral», de maneira que a concepção d'um se opére por assimilação, embora imperfeita, áquelle que o alumno já conhece. Estes processos de assimilação mental devem ser tidos pelo professor na mais alta conta; póde dizer-se, com effeito, que está n'elles a chave da verdadeira pedagogia.

Em harmonia, portanto, com este modo de vêr, que nos parece não haver ainda sido convenientemente caracterisado, a acustica apparece-nos, desde logo, composta de duas grandes secções: a primeira, theorica ou geral, destinada a considerar em toda a sua abstracção os movimentos oscillatorios gerados por uma molecula vibrante ou por systemas theoricos de moleculas vibrantes; a segunda, applicada ou particular, destinada a applicar a concepção anterior aos systemas vibrantes reaes, quer solidos, quer liquidos, quer gazosos.

Passando, agora, a considerar a parte theorica da acustica, á similhança do que se observava no typo offerecido pela phoronomia geral, hade ella compôr-se de duas subsecções essencialmente distinctas: a primeira, propondo-se analysar o caso mais abstracto que é possivel imaginar, terá por objecto as oscillações d'uma só molecula vibrante — consideradas em si e na trajectoria que geram no seio do meio ponderavel onde se propagam, ou, então, a composição de oscillações simultaneas; a segunda, occupar-se-ha das vibrações de systemas theoricos de moleculas vibrantes, e consideradas igualmente em si e na trajectoria de propagação.

Descendo, em seguida, á acustica applicada, esta dividir-se-ha naturalmente em tantos ramos fundamentaes, quantos os systemas reaes de moleculas vibrantes que nos apparecem na natureza; e, assim, occupar-se-ha, em secções diversas, dos systemas vibrantes quando solidos, quando liquidos e, finalmente, quando gazosos.

Considerada, assim, na sua composição geral, a acustica não será, é claro, mercê da maior complicação dos seus phenomenos, uma construcção phoronomica tão perfeita como o é a propria phoronomia geral; as linhas essenciaes que offerece ao espirito do pensador, por pouco definidas que se apresentem, não deixarão, porém, de ser as que acabamos de referir.

440.º Indicada, assim, a composição geral da acustica, passemos a considerar os pontos de vista mais fundamentaes para que o professor deverá, n'uma boa exposição pedagogica

d'este ramo de sciencia, attrahir accentuadamente a attenção do alumno.

Naturalmente, a primeira cousa a apresentar-lhe é esse complexo de factos empyricos, sobre os quaes o espirito architecta a grande construcção phoronomica que constitue o objecto da acustica scientifica, isto é, esses factos, já bebidos na instrucção primaria, e que, aqui, serão apenas recordados. Esta primeira operação pedagogica, como é facil de vêr, é do mais alto interesse; sem radicarmos, nos factos, d'uma maneira clara e nitida, a hypothese destinada a definir para nós a natureza essencial do movimento productor do som, a construcção ideal que, para o explicar, pretendemos architectar, deixa de se basear no mundo real, e, portanto, perde todo o seu valor.

Cumpre, porém, desde já observar que, se para o caso do calor e da luz, como para o caso do som, nos é forçoso derivar dos factos a concepção abstracta destinada a explical-os, entre a operação que, na acustica, tem por objecto realisar uma tal derivação e a que, na thermologia e optica, visa ao mesmo fim, ha uma differença fundamental: na acustica, uma tal operação é puramente «directa»; na optica e thermologia, é «indirecta». Para dos factos sonoros, offerecidos pela observação empyrica, nos elevarmos até á concepção dos movimentos representativos destinados a explical-os, basta, com effeito, effectuar um pequeno esforço mental, pois que os phenomenos empyricos patenteiam com tal evidencia a essencia intima da sua propria composição estructural, que bastará uma simples observação para d'ella nos elevarmos directamente até á concepção abstracta que os domina. Assim é que, ao contemplarmos uma corda tensa ou uma haste elastica e fixa por uma das extremidades, que oscillem brandamente, surprehendemos, desde logo, os movimentos vibratorios, causa dos phenomenos sonoros; bastará, com effeito, que taes movimentos augmentem em velocidade para o som se ir produzindo gradualmente, de maneira que, assim, como que poderemos palpar directamente o phenomeno empyrico. N'uma campainha que sôa, as vibrações da

massa metallica que constitue a campainha objectivam-se claramente nas oscillações d'uma pequena esphera collocada no interior; ora, d'este e d'outros factos induz-se, desde logo, que o conjuncto do systema vibra para produzir o som, que, portanto, vibrarão as moleculas que o alumno já sabe compõem um tal systema, que, finalmente, pelo conjuncto das suas vibrações produzir-se-ha a vibração da massa total. Em summa, dos factos sonoros passa-se, tão directamente quanto é possivel, para a concepção abstracta que os explica; na thermo-optica, uma tal transição é, como veremos, muito mais indirecta e difficil de operar-se: por isso, pedagogicamente, a acustica hade sempre preceder a thermo-optica.

441.° Desde que o alumno adquiriu a noção de que o som é o producto de vibrações moleculares propagando-se n'um meio elastico e ponderavel — noção que facilmente se deriva da experiencia, cumpre leval-o a analysar o caso mais simples de tão interessante combinação phoronomica, isto é, apresentar-lhe, como primeiro elemento a considerar, a vibração d'uma molecula «isolada», quer olhada em si, quer na sua propagação, e, portanto, nos movimentos simples que ella gera. Ora, analysada a vibração em si, ha a considerar: que a molecula vibrante é uma massa que se desloca; que essa deslocação é um movimento vibratorio; que esse movimento vibratorio se opéra em certo periodo de tempo; que, durante esse periodo, a molecula vibrante percorre um certo caminho, attinge um ponto extremo em que a velocidade muda de sentido e volta a percorrer o caminho anterior.

Considerado, a titulo de artificio pedagogico, o caso d'uma vibração que se executasse no longo periodo d'um segundo, representando por y o comprimento da onda vibratoria, a qual se compõe, como é sabido, d'uma dilatação e d'uma condensação, representando por a a velocidade do som, a qual varia com os diversos meios de propagação, teremos para o periodo d'um segundo

$$y = a \times 1,$$

relação fundamental, muito similhante a est'outra connexão phoronomica $e=vt$.

Para, agora, descer da hypothese, verdadeiramente ideal, a que se refere a relação $y=a\times 1$, até á verdadeira connexão a estabelecer, bastará suppôr que, em vez de uma só oscillação molecular se operar no longo periodo d'um segundo, taes oscillações se operam em numero elevado, vindo, assim, cada uma a realisar-se em $\frac{1}{n}$ do tempo primitivo; e, então, a relação acima indicada transformar-se-ha em

$$y=a\times\frac{1}{n}$$

Ao considerarmos, em si, a vibração isolada, um dos attributos mais fundamentaes que nos apresenta é o da sua «amplitude» maior ou menor, attributo que, sendo um dos elementos da sua propria essencia, é verdadeiramente caracteristico; ora, d'um tal attributo, considerado em toda a sua conceptualidade abstracta, deriva para o phenomeno sonoro, quando empyrico, uma propriedade igualmente distinctiva e fundamental: é a intensidade. Conforme fôr maior ou menor a amplitude vibratoria, assim será maior ou menor a intensidade do som, dada, é claro, a invariabilidade de certas circumstancias no meio de propagação, taes como — a distancia a que estamos do corpo sonoro ou o seu estado de mobilidade e quietação ou a existencia de elementos que de homogeneo o transformem em heterogeneo. Assim, a intensidade do phenomeno sonoro é um effeito derivado, quer da essencia da propria vibração, quer da maneira como se realisa a propagação da onda sonora.

Depois de termos apresentado ao alumno a vibração sonora isolada, de maneira que a podésse considerar na sua essencia intima, segue-se consideral-a, ainda como isolada, na sua propagação atravez d'um meio elastico.

Ora, n'este caso, haverá primeiramente a apresentar-lhe

o proprio mechanismo da propagação sonora. Se acompanharmos, com effeito, a vibração na sua propagação e suppozermos, para maior simplicidade, homogeneo o meio em que tal propagação se realisa, ao retrocesso da molecula vibrante na sua trajectoria corresponderá, no meio elastico e em certa extensão, uma linha de condensação; depois, ao seu avançar corresponderá uma linha de rarefação; em seguida, ao longo da mesma linha recta, e n'uma porção successiva d'essa linha e em igual secção d'espaço, produzir-se-ha uma nova condensação, seguida d'uma dilatação; e assim successivamente: de maneira que o mechanismo da propagação da onda sonora vem, a final, a apresentar-se-nos, para o caso ideal e mais simples d'uma molecula isolada, como uma série, em linha recta, de ondas dilatadas e condensadas, constituindo, pela sua somma, uma verdadeira trajectoria. A maneira, mais simples, de objectivar ao alumno esta concepção, tão altamente abstracta, será, como é d'uso fazer-se, suppôr um longo tubo cylindrico e cheio d'ar: se considerarmos o ar, contido n'elle, dividido em porções cylindricas e iguaes, cada uma d'essas porções de ar representará uma massa vibrante; se, n'uma das extremidades, a primeira secção de massa aérea se dilata pelo afastamento das moleculas componentes, a porção immediata condensa-se pela diminuição dos espaços inter-moleculares; se, uma vez condensada, esta segunda porção de massa passa a dilatar-se, irá condensar-se a porção que lhe succede; assim, por condensações e dilatações alternadas, á similhança de muitas espheras de borracha que, dispostas em linha recta, se contrahirem e dilatarem, realisar-se-ha a propagação da vibração primitiva e com ella a producção, atravez d'um meio elastico, do phenomeno sonoro.

Uma vez objectivada, sob a fórma grosseira e empyrica que acabamos de indicar, a propagação da vibração provocada por uma só molecula vibrante, depois de a havermos considerado no seu mechanismo interior, segue-se analysal-a nas suas relações com o meio elastico e exterior em que se propaga. Ora, sob este novo ponto de vista, ha a considerar: primeiramente,

o caso em que o meio de propagação é *homogeneo;* em segundo logar, o caso em que é *heterogeneo*. Este segundo caso desdobra-se ainda em dous: conforme o meio de propagação, pela sua heterogeneiadde, impelle a onda sonora a passar d'um meio de certa densidade para outro de densidade differente, isto é, a *refractar-se*, ou então, conforme a impelle, ao encontrar um obstaculo, a mudar de direcção mas continuando a propagar-se no meio primitivo, isto é, a *reflectir-se*.

A propriedade mais saliente da onda sonora, ao produzir-se n'um meio homogeneo, é a sua propagação em linha recta; a refracção da onda sonora apresenta pontos de vista interessantes, que o professor não deixará de caracterisar; a reflexão merece, por seu turno, ser convenientemente analysada. Esta póde, com effeito, operar-se, já porque o obstaculo opposto á sua propagação é um meio de densidade maior, já porque é menor: no primeiro caso, a onda sonora, ao encontrar um meio mais denso, reflecte-se segundo as leis da reflexão — as quaes serão aqui indicadas, muda de signal, uma vez reflectida, propaga-se na direcção da onda primitiva, correspondem-se — nas duas — as dilatações e as condensações, a certas distancias do ponto de reflexão produz-se uma especie de neutralisação de vibrações ou seja uma « interferencia sonora », a outras distancias produz-se uma addição de ondas do mesmo signal ou seja um reforço de som, etc.; no segundo caso, haverá igualmente reflexão, mas sem mudança de signal, dividindo-se em duas a onda primitiva, as quaes conservarão o mesmo signal.

Todos estes interessantes pontos de vista serão presentes ao alumno, ao considerar-se a hypothese ideal d'uma molecula vibrante, isolada. Se uma concepção d'esta ordem necessita da parte d'elle uma potencia de abstracção sufficientemente desenvolvida, é, por outro lado, certo que, habituado a abstrahir no regimen mental que lhe impozeram as sciencias anteriores, as novas noções abstractas que lhe offerece a acustica serão tanto mais facilmente adquiridas, quanto é certo que, entre ella e a phoronomia, se estabelece na nossa concepção uma similhança

notavel de composição, similhança que levará fatalmente a uma facil e prompta assimilação mental.

442.° Temos considerado, até aqui, o caso, simples e ideal, d'uma molecula vibrante e «isolada», quer em si, quer na sua propagação; passando, agora, a um caso immediatamente mais complicado, consideraremos ainda as vibrações que derivam d'uma unica molecula, não em si ou na sua propagação, como até aqui, mas como «succedendo-se» umas ás outras. Em summa, depois de havermos analysado, em si e na sua propagação, o mechanismo segundo o qual se opéra a vibração d'uma molecula isolada, passaremos a considerar, mais especialmente, as vibrações d'uma só molecula, mas em relação d'umas para com outras.

Primeiramente, offerece-se-nos o caso, immediatamente mais complicado, em que ha a analysar uma dada «série» de vibrações d'uma molecula isolada; ora, n'esta hypothese, ha, desde logo, a considerar as associações em que taes vibrações podem aggregar-se quando «successivas», vindo, assim, a constituir grupos de vibrações em differente numero, mas em porções de tempos iguaes. Desde que ha para o alumno a noção, definida e clara, de grupos de vibrações produzindo-se em tempos iguaes, mas em numero differente, apparece-lhe immediatamente uma segunda propriedade fundamental do som, isto é, a «altura». A intensidade e a altura veem, assim, a apresentar-se-nos com dous attributos fundamentaes dos phenomenos sonoros, derivados de dous modos de ser, essencialmente primordiaes e distinctos, da estructura sonora: a intensidade, deriva da «amplitude» da propria vibração, considerada em si; a altura, deriva da vibração considerada em «série» com outras vibrações da mesma natureza, e vindo todas a redistribuirem-se em grupos distinctos e em numero differente para cada grupo.

Determinada tão importante propriedade sonora, como é a altura, pois que deriva de se produzirem em tempos iguaes numeros differentes de vibrações, seguir-se-ha apresentar ao alu-

mno os processos destinados a contal-as. Para isso, podemos lançar mão, quer da roda de Sawart, quer do vibroscopio de Duhamel, etc., etc.

Uma vez fixada a noção de que os sons de differentes alturas derivam de numeros differentes de vibrações, cumpre tomal-os, assim considerados, como objecto de analyse e definir n'elles um certo numero de propriedades e relações importantes.

Primeiramente, podemos analysar dous grupos de vibrações e comparal-os sob o ponto de vista da sua natureza e do tempo que demoram e da maneira como se succedem: se forem similhantes na sua natureza e isochronas no tempo e contínuas na successão, as vibrações virão, colladas umas ás outras, a constituir para cada grupo um som «musical»; se, pelo contrario, forem dissimilhantes e não isochronas e descontínuas, constituirão um «ruido».

Tomando, agora, em mão os sons musicaes, isto é, os verdadeiros sons que devemos considerar, cumpre que o alumno passe a *comparal-os* entre si, comparação que deverá fazer-se determinando entre elles relações quantitativas de similaridade, fixadas por meio d'um «quociente». Ora, sob este ponto de vista, muitas relações nos apparecem: se os numeros de vibrações componentes de dous sons são iguaes, o quociente que entre elles se determina, isto é, «o intervallo», será 1; se de dous grupos de vibrações derivam sons taes que, por uma adaptação natural do ouvido, produzem n'elle uma impressão agradavel, a relação por quociente entre elles estabelecida será um intervallo «consonante», intervallos entre os quaes podemos contar os definidos pelas relações $\frac{5}{3}$ ou $\frac{3}{2}$ ou $\frac{4}{3}$ etc.; se os intervallos entre dous grupos de vibrações são taes que se nos apresentam, entre si, como 1 para 2, para 3, etc., haverá as chamadas «harmonicas». Conhecidas as relações por quociente entre numeros differentes de vibrações e correspondentes a sons d'alturas diversas, o alumno passará a calcular

o numero que, em absoluto, caracterisa cada som; e, então, as escalas musicaes apresentar-se-nos-hão como uma grande applicação de taes principios. Certos numeros de vibrações que, comparados entre si, apresentam intervallos consonantes, dar-nos-hão os diversos termos sonoros da escala; obtido um grupo de sete de taes termos, bastará duplicar cada um d'elles para se obter os da série immediata; uma nova duplicação nos termos d'esta série dará os da terceira; e assim successivamente: d'esta maneira, o conjuncto geral de tantos termos sonoros virá a ser constituido por uma longa série de numeros de vibrações, correspondendo a outros tantos sons consonantes.

443.º Temos, até aqui, estudado as vibrações d'uma só molecula vibrante, quer considerando uma vibração em si ou na sua propagação, quer considerando essa vibração em série com outras similares e vindo todas a redistribuir-se em grupos de vibrações em numero differente; presentemente, passaremos a considerar, não as vibrações d'uma *unica* molecula vibrante, mas as vibrações de *muitas* moleculas vibrantes, embora não constituam entre si um systema sonoro em que se achem ligadas umas ás outras por certas relações de dependencia. Naturalmente, este novo aspecto que nos offerece o objecto da acustica, dá logar a entrarmos em consideração com as vibrações «simultaneas» e sua composição, isto é, vemo-nos n'uma situação logica analoga áquella em que nos encontravamos ao passar, na phoronomia, da consideração dos movimentos gerados por um ponto isolado á consideração de movimentos simultaneos.

A primeira noção que d'um tal ponto de vista nos parece derivar é a do «timbre» sonoro, isto é, da terceira propriedade fundamental do som. Para o mostrar, bastará, com effeito, imaginando-nos na situação mental em que até aqui nos temos supposto, considerar as vibrações successivas d'uma só molecula como productoras d'um som de certa altura — que será o fundamental; em seguida, considerar que, simultaneamente, se

produzem sons d'outras alturas e derivados das vibrações d'outras moleculas: como o som que deriva de todos estes grupos de vibrações — simultaneas e produzidas por moleculas distinctas, vem a fundir-se n'um som total, se entre taes numeros de vibrações houver essas relações quantitativas que já conhecemos pelo nome de «harmonicas», o som total apresentar-nos-ha esse modo de ser caracteristico a que denominam «timbre». Assim, nos phenomenos sonoros haverá tres propriedades fundamentaes: uma, será a intensidade, que derivará d'um dos modos de ser apresentados pela vibração da molecula quando considerada em si, isto é, da amplitude; outra, será a altura, que derivará d'um outro modo de ser apresentado pela vibração da molecula quando considerada, em série, com outras vibrações d'ella derivadas; outra, será, finalmente, o timbre, que derivará ainda d'um novo modo de ser, resultante das vibrações de mais d'uma molecula quando essas vibrações se consideram em simultaneidade. Conforme considerarmos a vibração d'uma molecula em si, ou a vibração d'uma molecula em série com outras vibrações d'essa molecula, ou, finalmente, as vibrações simultaneas de mais d'uma molecula, assim nos vão apparecendo, para cada phase de complicação no phenomeno acustico, novas propriedades fundamentaes do som.

Desde que, definido o timbre, o alumno entra em consideração com as vibrações simultaneas de muitas moleculas vibrantes, póde dirigir para differentes pontos de vista a sua analyse: e, assim, póde imaginar que as moleculas vibram todas á mesma distancia d'um certo ponto, ou póde imaginar que vibram a distancias differentes d'esse ponto, mas em periodos differentes, ou, finalmente, que vibram a distancias differentes e em periodos differentes, etc.

O caso em que muitas moleculas vibram a distancias differentes d'um mesmo ponto, é particularmente interessante. Supponde que distam uma da outra em extensão igual ao comprimento d'uma onda vibratoria, compondo estas duas vibrações simultaneas produzir-se-ha, em certos pontos da trajectoria

de propagação, uma interferencia; n'outros, produzir-se-ha um reforço de som. Por outro lado, podemos considerar, por exemplo, duas vibrações similhantes, cujas trajectorias formem um angulo; e, então, compondo-as entre si, teremos certas especies de linhas geometricas, variaveis conforme a grandeza do angulo, a velocidade vibratoria, etc. E, assim, podem considerar-se muitos casos de vibrações simultaneas de muitas moleculas vibrantes, podem compôr-se essas vibrações, etc., etc.

444.º Depois de havermos considerado em si ou na sua propagação as vibrações d'uma molecula isolada, depois de havermos, em seguida, analysado as vibrações successivas de uma mesma molecula vibrante e, finalmente, depois de havermos ainda estudado as vibrações simultaneas de muitas moleculas independentes entre si, segue-se passar a analysar as vibrações sonoras de associações de moleculas ligadas entre si por uma certa relação de dependencia e vindo a constituir, assim, um verdadeiro «systema theorico» de pontos. A introducção d'esta ordem de systemas vibrantes, que veem, assim, lançar-se entre as vibrações de moleculas isoladas e as vibrações dos systemas reaes, parece-nos perfeitamente racional, tendo, além d'isso, a vantagem de assimilar, mais e mais, o typo acustico ao typo phoronomico propriamente dito.

Em harmonia com estas idéas, podemos, pois, suppôr, por exemplo, uma série de moleculas vibrantes, todas ellas ligadas a uma circumferencia e propagando-se as vibrações, por ellas geradas, ao longo dos raios, prolongados, d'uma tal circumferencia; ora, é evidente que d'um tal systema vibratorio derivarão, no mesmo plano, ondas circulares de propagação, alternadamente condensadas e dilatadas. Se, passando d'um systema vibrante de natureza superficial, suppozermos um systema vibrante com tres dimensões, o qual póde, por exemplo, revestir a fórma espherica, então, em vez de ondas planas e circulares, virão a formar-se, em torno do systema espherico e central de moleculas vibrantes, ondas esphericas, alternadamente condensadas e dilatadas. Considerando, sob o ponto de

vista da propagação, as ondas sonoras derivadas d'um tal systema vibratorio, o meio elastico de propagação póde ser homogeneo ou heterogeneo; n'este segundo caso, terá o professor de entrar em consideração com os phenomenos da reflexão e refracção das ondas sonoras — quando esphericas, as quaes se produzirão, como é sabido, segundo as leis conhecidas.

E com os systemas vibrantes a que podemos denominar «theoricos», termina a acustica geral ou abstracta. Como vimos, ao analysar o seu objecto, partiu ella da vibração pura realisada por uma só molecula vibrante para as vibrações successivas que uma tal molecula executa; d'ahi, passou a considerar as vibrações simultaneas de duas ou mais moleculas distinctas, mas, até certo ponto, independentes; por ultimo, occupou-se de verdadeiros systemas vibrantes, constituidos por moleculas que, associando-se, se ligam por um certo laço de dependencia. Vê-se que, assim, avançamos constantemente do abstracto para o concreto e do geral para o particular, o que constitue um dos caracteristicos predominantes do ensino secundario.

445.° Depois da acustica abstracta ou theorica, cumpre apresentar ao alumno a acustica concreta ou applicada; isto é, depois das vibrações sonoras, consideradas em toda a sua pureza abstracta, cumpre passar a considerar as vibrações, reaes e effectivas, dos systemas moleculares, quando solidos ou liquidos ou gazosos. Como é facil de vêr, ao passarmos da acustica abstracta para as combinações, reaes e effectivas, da acustica concreta, descemos da idealidade conceptual dos phenomenos para a sua realisação pratica. Assim, os factos sonoros que, na instrucção primaria, foram presentes ao alumno sob a sua fórma empyrica, vão, agora, apparecer-lhe como subordinados á grande construcção theorica que, no seu espirito, acaba de estabelecer-se; d'esta maneira, aqui como sempre, os factos apresentados pelo ensino primario, depois de haverem servido de base ás grandes construcções theoricas do ensino secundario, acabam por se lhes subordinar, vindo a fundir-se e a desap-

parecer nas syntheses, geraes e superiores, que este ramo de ensino architecta e organisa.

Passando, pois, á acustica applicada, é evidente que hade occupar-se das vibrações sonoras d'estas tres ordens de systemas: solidos, liquidos e gazosos.

Considerando, primeiramente, os systemas solidos, podem elles ser taes que uma das dimensões predomine sobre as outras ou duas predominem sobre a outra ou as tres se equilibrem: no primeiro caso, teremos as cordas ou hastes vibrantes, pois que são verdadeiros systemas lineares; no segundo, haverá as membranas vibrantes, as campainhas, etc., pois que todos estes systemas são superficiaes; no terceiro, haverá, finalmente, os instrumentos em que nenhuma das dimensões predomina. Como systema liquido vibrante, podemos considerar a «veia liquida», a qual, segundo as experiencias, produz uma certa nota musical. Como systemas gazosos, temos, finalmente, os instrumentos de vento, pois que as vibrações do ar, contido no interior, são as que produzem o phenomeno sonoro.

Naturalmente, o professor deverá caracterisar, mais ou menos rapidamente, os phenomenos sonoros produzidos por estas tres ordens de systemas. Pela nossa parte, a fim de não sermos demasiadamente extensos, consideraremos só, e muito resumidamente, os systemas gazosos.

446.° Os tubos em que se produzem e propagam as vibrações d'um systema gazoso, são abertos ou fechados na extremidade opposta áquella onde se produz a vibração inicial. Ora, produzida uma tal vibração, se o tubo fôr aberto haverá n'essa extremidade um ventre; se fôr fechado, haverá um nó. Esta differença na maneira como se produz o mechanismo do phenomeno sonoro nos tubos abertos ou fechados, é já, de per si, uma deducção dos principios estabelecidos na acustica theorica, principios que, assim, dominam a toda a altura os factos concretos. Ao propagar-se no interior do tubo a onda sonora, derivada das vibrações do systema gazoso, se na extremidade do tubo topa com um meio mais denso, isto é, se o tu-

bo é *fechado*, produzir-se-ha, como o diz a acustica theorica, um nó; se topa com um meio menos denso, isto é, se o tubo é *aberto*, produzir-se-ha um ventre.

Se, considerando, por exemplo, os tubos fechados, a onda reflectida formava, na concepção theorica, ao reflectir-se, nós e ventres, tambem, agora, os formará, no interior dos tubos, ao produzir-se no mundo real e effectivo dos phenomenos. Combinando entre si o comprimento da onda e o do tubo e a velocidade do som no ar e o numero de vibrações do systema gazoso, podemos relacionar todas estas quantidades por meio d'uma fórmula analytica e, assim, ligar o comprimento total do tubo e suas dimensões com o numero de vibrações caracteristicas dos differentes sons; em tal caso, por meio d'alguns d'aquelles elementos podemos calcular outros e, assim, determinar *á priori* a escala dos differentes sons musicaes que, no tubo, se podem produzir. A theoria póde igualmente applicar-se a outros systemas vibrantes, como são placas, cordas, membranas, vindo, assim, a applicar-se sempre aos systemas reaes as combinações abstractas da theoria.

447.° Tal é, no seu conjuncto geral, a acustica, sob o ponto de vista pedagogico.

Se a contemplarmos em globo, offerece-nos ella o aspecto d'uma larga combinação conceptual de trajectorias e velocidades e movimentos, em que as massas oscillantes são moleculas ou systemas que se compõem de moleculas; o seu objecto é, por outro lado, como se vê, uma grande combinação assimilavel ao typo phoronomico.

Considerando, na acustica, a esphera objectiva, as differentes combinações de que se occupa offerecem-nos o aspecto de syntheses em que muitos elementos abstractos se associam para constituirem um concreto; assim, o conjuncto de vibrações successivas d'uma molecula vibrante é uma synthese objectiva, composta á custa das vibrações isoladas que entram como elementos abstractos na composição da nova synthese; as vibrações simultaneas que se aggregam n'um resultado final, constituem

ainda uma nova synthese, mais concreta e complexa do que as anteriores; as vibrações simultaneas de um systema de moleculas são, por ultimo, os elementos de uma nova synthese objectiva, mais complexa ainda do que a mais concreta das anteriores, pois que é formada á custa d'ella. Assim, desde as noções sobre objectos os mais abstractos da acustica até ás que se referem aos mais concretos, vamos sempre avançando n'uma abstracção decrescente e complexidade crescente.

Por outro lado, parallela a cada uma d'estas syntheses objectivas que vão constituindo o objecto da acustica, formam-se no espirito noções subjectivas, destinadas a dominarem, do alto da sua generalidade, um grande numero de factos particulares. Assim, a noção de um systema theorico de moleculas vibrantes comprehende logicamente todos os systemas particulares realisados na natureza, quer sejam solidos, quer liquidos, quer gazosos. É até d'esse espirito de generalidade, proprio das concepções da acustica, que deriva o caracter deductivo que a distingue; caracter bem accentuado nas applicações que das suas conclusões theoricas faremos aos differentes phenomenos particulares que a experiencia registra.

Comparada com os outros ramos da sciencia geral, a acustica pertence, como já tivemos occasião de mostrar, ao grupo das sciencias que se occupam de movimentos ideaes ou reaes; e, assim, constitue um todo definido, similhante á phoronomia abstracta, á astronomia, á parte da physica que se occupa dos movimentos das massas terrestes quando independentes das suas causas geradoras, e, finalmente, á thermo-optica quando trata de explicar os phenomenos luminosos por meio d'essa ordem de movimentos que se propagam na materia imponderavel. Mais complexa do que a phoronomia geral, subordina-se naturalmente a ella; menos do que o é a thermo-optica, domina-a e subordina-a a si, sendo até por assimilação aos movimentos mais simples da acustica que se construe a concepção dos movimentos vibratorios destinados a explicarem o calor e a luz. Assim, vão-se continuando e desenrolando as duas séries

parallelas de sciencias: de um lado, a geometria synthetica e a phoronomia geral e a astronomia e a parte da physica que se occupa dos movimentos das massas terrestres independentes das suas causas, e a acustica e a thermo-optica; do outro, a geometria analytica e a dynamica geral e a dynamica celeste e a dynamica das massas terrestres ponderaveis e a electrologia ou dynamica das massas imponderaveis. Em summa, o ponto de vista é sempre o mesmo: de um lado, massas ou movimentos como objecto de sciencias concretas; do outro, relações de successão entre esses movimentos como phenomenos e as suas causas geradoras constituindo o objecto das sciencias abstracto-concretas. Tal é, em geral, a constituição da sciencia; e tal é, em especial, a constituição da dynamica geral do mundo.

CAPITULO III

A THERMO-OPTICA

Objecto da thermo-optica. — Seus limites na instrucção secundaria. — Factos destinados a elevarem o espirito até á concepção de que é «una e commum» a causa do calor e da luz: radiações, calorificas e luminosas, não decompostas; radiações, decompostas por meio do prisma; analyse das radiações elementares; conclusão. — Factos destinados a elevar o espirito até á concepção da natureza essencial da causa productora dos phenomenos luminosos e calorificos: interferencias luminosas; luz polarisada; conclusões. — Construcção representativa que d'estes factos deriva. — Conclusões.

448.° Nos movimentos moleculares ha, como em todos os movimentos, massas que se movem e deslocações d'essas massas no espaço. Na introducção geral á dynamica molecular, póde o alumno elevar-se até á concepção da existencia real d'essas massas moleculares que, deslocando-se no espaço, geram os movimentos que presentemente nos occupam; ao penetrar, em especial, na esphera de cada uma das secções da dynamica molecular terá de se erguer até á concepção da fórma «particular» que revestem os movimentos gerados por taes massas, para se apresentarem no mundo sensorial sob os aspectos de som, de calor, de luz. Ao tratarmos da primeira secção da dynamica molecular, isto é, da acustica, já tivemos occasião de analysar a maneira por via da qual o espirito humano consegue definir essa ordem de movimentos especificos das massas moleculares,

destinadas a traduzirem-se em sons; presentemente, cumpre instituir novos factos e novos raciocinios destinados a conduzirem-nos até á concepção d'essa nova ordem de movimentos moleculares que hãode explicar-nos o calor e a luz: assim, se por um lado nos elevamos, d'uma maneira geral, até á concepção da existencia real das massas moleculares que geram os movimentos, definiremos, por outro, separadamente as fórmas especificas que para se traduzirem em som e luz e calor revestem os movimentos gerados por taes massas.

Pois que a acustica teve como objecto fundamental o elevar o espirito humano de certos factos empyricos até á concepção dos movimentos abstractos que produzem os phenomenos sonoros e, uma vez definida essa concepção, explicou por meio d'ella o mechanismo da sonoridade, a thermo-optica terá essencialmente por objecto «definir como commum, baseando-se em factos empyricos, a causa dos phenomenos calorificos e luminosos, determinar a natureza intrinseca d'essa causa commum e, finalmente, assimilando-a ao typo acustico, explicar, por meio d'ella, os phenomenos que se produzem no mundo do calor e da luz».

Definido, assim, clara e nitidamente, o objecto da thermo-optica, veem, desde logo, á superficie, quer os factos e relações que hade abranger, quer o que d'ella será excluido. Nota-se, com effeito, immediatamente, que na sua esphera ficará incluido tudo quanto respeita ás interferencias e á luz polarisada e ás radiações luminosas ou calorificas e aos factos de emissão ou transmissão ou absorpção ou reflexão do calor ou da luz; isto é, todo esse complexo de manifestações calorificas e luminosas que, directa ou indirectamente, conduzem o espirito humano até á explicação dos phenomenos thermo-opticos: pelo contrario, serão do seu objecto excluidas todas as noções que mais particularmente se referem ás dilatações e mudanças de estado e transmissão das temperaturas atravez da massa dos corpos, etc.; isto é, todo esse grupo de noções que, como veremos, será destinado a servir de base ao traço de união que

n'uma concepção pedagogica bem organisada cumpre lançar entre estes dous grupos de movimentos — os movimentos gerados por moleculas ou moleculares, e os movimentos gerados por massas que d'ellas se compõem ou movimentos molares.

449.° Definido, assim, o objecto geral da thermo-optica, pois que o caracter da instrucção secundaria é ser essencialmente *theorica*, e dada, por outro lado, a errada concepção que actualmente nos apresentam ácerca d'estas materias os livros de physica destinados ao ensino, cumpre ainda accrescentar uma observação, que nos parece importante.

Nos livros a que nos referimos, a analyse, ainda a mais superficial, nota, com effeito, desde logo uma estranha confusão entre noções thermo-opticas que são puramente theoricas com outras que revestem um caracter de pronunciada applicação pratica. Por isso, os auctores dos livros de physica, destinados ao ensino secundario, julgam-se obrigados a encher paginas e paginas com as applicações praticas da theoria das radiações aos espelhos nas suas differentes fórmas, ás lentes de todas as especies, aos instrumentos de optica que devem, em summa, ser considerados como mais especiaes; e, assim, descrevem-nos longamente os differentes telescopios e microscopios e camaras photographicas e os usos de todos estes objectos com as suas applicações ou differenças caracteristicas, etc., etc.: ora, nada ha mais opposto á indole geral da instrucção secundaria — de sua natureza essencialmente theorica, como o é uma tão longa e minuciosa série de applicações especiaes da theoria que nos occupa. N'uma reorganisação racional do ensino, é evidente que tudo isto deve ser reservado para esses cursos especiaes de optica, onde hajam de preparar-se os individuos que se destinem a certas e determinadas profissões. Como mais d'uma vez temos dito, é o conjuncto fundamental e geral e integral da sciencia na sua unidade puramente theorica que deve constituir o objecto d'esse grande ramo da nossa instrucção geral, destinada a elevar o alumno até á concepção scientifica da dynamica e estructura do mundo. O alvo d'este grande ramo da

nossa instrucção encyclopedica não consistirá em ministrar noções especiaes e profundas e delicadas ácerca dos objectos do saber; estará antes em educar as faculdades intellectuaes do alumno, em lhe patentear a synthese geral do universo que o cerca, em lhe dar uma idéa nitida da sua propria posição no mundo: ora, em tal caso, só as noções puramente theoricas e fundamentaes é que deverão constituir o objecto do ensino secundario, eliminando radicalmente da sua esphera tudo quanto sejam minuciosidades d'uma delicada applicação effectiva e pratica.

450.° Delimitado, assim, clara e nitidamente, o objecto da thermo-optica, passemos a dar uma idéa geral das phases pedagogicas por que deverá passar a sua apresentação.

Como sabemos, o primeiro elemento da thermo-optica a offerecer ao alumno consiste n'esse conjuncto geral de factos empyricos e de raciocinios, destinados, uns e outros, a elevarem-no até á concepção d'essa *causa commum*, d'onde derivam os phenomenos do calor e da luz. Ora, uma tal inferencia é evidentemente analoga áquella que realisamos ao tratar dos phenomenos acusticos, mas muito mais indirecta; na acustica, o espirito humano eleva-se, com effeito, immediatamente desde os factos que a observação registra até á concepção da causa destinada a explical-os, pois que a estructura intima da vibração sonora como que se palpa e sente palpitar; na thermo-optica, essa causa está tão profundamente dissimulada sob as apparencias dos phenomenos, que só por meio de longos raciocinios póde ser posta em toda a luz.

Ora, d'esta importante inferencia logica é que cumpre, primeiro que tudo, dar conhecimento ao alumno.

Avançando naturalmente dos phenomenos mais palpaveis para os que o são menos, começaremos por lhe recordar as noções que já possue ácerca das radiações luminosas, quando se consideram indecompostas; e, então, deverão vir á téla do ensino noções empyricas como as seguintes: o que sejam corpos luminosos, translucidos e opacos; a propagação da luz

n'um meio homogeneo; as sombras e penumbras; a reflexão e refracção da luz branca; noções geraes sobre os espelhos, sem, comtudo, se entrar em especialidades; noções geraes sobre os meios refringentes, tanto quanto bastem para auxiliar o ensino theorico. Voltando, agora, a attenção para outro lado, convirá ainda caracterisar, clara e nitidamente, as noções seguintes: a propagação do calor n'um meio homogeneo; a reflexão e refracção calorifica; o poder emissivo das substancias em relação aos raios calorificos; a sua transmissão e absorpção. Naturalmente, o professor terá constantemente o cuidado de approximar estes dous grupos de noções — as que se referem aos phenomenos thermicos e as que se referem aos luminosos, cotejando-as pelo que teem de analogo, e isto de maneira que, no espirito do alumno, venham a constituir um largo conjuncto empyrico—uno e bem fundido.

D'esta base phenomenal, assim estabelecida, o espirito elevar-se-ha, segura e facilmente, até á concepção de que a causa dos phenomenos calorificos e luminosos — qualquer que seja — hade fatalmente ser *commum* ás duas ordens de factos, cujas analogias assim se registraram; de maneira que os phenomenos indicados virão a constituir uma introducção, natural e proficua, destinada a preparar o alumno para melhor penetrar na concepção d'essa mesma causa, quando considerada na sua natureza intima.

451.ª Desde que o alumno está habilitado com as noções anteriores, urge que penetre mais a fundo na composição, estructural e intima, dos phenomenos calorificos e luminosos, pois que, baseado nas novas noções que d'ahi derivarem, poderá então penetrar parallelamente mais a fundo na natureza essencial e mysteriosa da causa commum que os produz; ora, para isso, será necessario apresentar ao alumno o grande facto da «decomposição» da luz, devido, como se sabe, ao immortal Newton.

É conhecido o processo por via do qual uma tal operação se realisa. Fazendo passar um feixe de luz branca atravez do

prisma e recebendo-o, em seguida, sobre um plano adequado, produz-se n'este uma imagem alongada e diversamente colorida, isto é, o que denominaremos « um espectro luminoso ». No espectro solar, por exemplo, a analyse descobre uma série de côres, desde o vermelho ao violeta, passando pelo alaranjado e amarello e verde e azul e violeta. Entre estas côres, ha lacunas obscuras; Wollaston reconheceu a existencia de sete ou oito.

Por outro lado, o espectro solar póde, ainda, considerar-se decomposto em tres partes: o espectro calorifico; o espectro luminoso; o espectro chimico. Até uma distancia dupla da que separa o violeta do vermelho, e para lá do violeta, os saes de prata, sob a acção de radiações que se não sentem, enegrecem, isto é, soffrem uma modificação chimica, merecendo, portanto, as radiações productoras d'um tal phenomeno o nome de « chimicas »; ao attingir o violeta, entramos na região das radiações luminosas, as quaes, passando pelas differentes côres espectraes, se alargam até ao vermelho; a começar no violeta, estendendo-se por toda a região dos raios luminosos e avançando ainda para além do vermelho, o thermometro accusa variações, gradualmente crescentes, de temperatura, phenomeno indicador d'essa série de radiações calorificas que, sobrepondo-se ao espectro luminoso, se alargam na região ultra-vermelha.

Realisada, assim, uma decomposição geral nos abstractos componentes d'essa ordem de concretos a que denominam « phenomenos calorificos e luminosos », pois que, á maneira de introducção á thermo-optica, estudamos as radiações, antes de serem decompostas, pelo lado da sua emissibilidade e refractibilidade e transmissibilidade, etc., etc., seguindo sempre a mesma ordem pedagogica de idéas, cumpre que, presentemente, subjeitemos á mesma analyse as radiações abstractas ou elementares de que se compõem as radiações totaes. D'esta nova ordem de observações derivará para o alumno, architectada em novas bases, a convicção de que é ainda *una* e *commum* a causa geradora de tão diversas radiações, e, portanto, dará elle mais

um passo para a determinação, clara e nitida, da natureza essencial d'uma tal causa.

452.° Comecemos pela «transmissibilidade» das radiações.

A lei geral que a regula está expressa na seguinte connexão mathematica:

$$J' = J\alpha^e$$

N'esta relação, J' representará a porção de raios que passam atravez d'um dado corpo; J representa a porção que tende a passar. A base α variará de 1 para baixo: para o vidro, será $\alpha = 1$, e, então, o vidro será um corpo «transparente», deixando passar todos os raios, pois que, em tal caso, será $J' = J$; para os corpos «opacos», α terá um valor menor que a unidade, e, como acontece com os metaes, muito pequeno; entre estes dous extremos — corpos transparentes e opacos — α variará muito.

Se, por outro lado, levarmos o alumno a analysar, sob o ponto de vista da transmissibilidade, os raios chimicos e calorificos, estes apresentarão, no espectro visivel, as propriedades anteriores. Fóra do espectro luminoso, o vidro, que, na região das côres, deixa passar os raios luminosos e calorificos, deixa igualmente passar os calores obscuros. O mesmo acontece com os outros corpos transparentes. O sal-gemma deixa passar, na sua totalidade, radiações luminosas chimicas e calorificas.

Ora, de todo este conjuncto de factos e de outros que poderão accrescentar-se, poderá o alumno induzir a seguinte conclusão: dadas as propriedades de transmissibilidade que se apresentam para as tres categorias de radiações, é licito suppôr para todas uma causa «identica», causa que parece accidentalmente modificar-se, qualquer que seja a sua natureza intima, para produzir as radiações de cada grupo. Nas variações de poder transmissivo que o vidro, por exemplo, nos apresenta, parece, com effeito, notar-se que um tal poder vae augmentando ao passarmos dos raios obscuros para os luminosos —

facto que faz suppôr, como modificação parallela, na causa commum de todas as radiações, uma variação crescente ou decrescente de energia.

Depois da transmissibilidade, vem a « reflexão e refracção » das radiações elementares. Ora, analysadas sob este ponto de vista, poderá o alumno notar como todas ellas — luminosas e chimicas e calorificas — se reflectem e refractam segundo as mesmas leis. Das novas observações, assim instituidas, pois que existe tão evidente analogia nas condições em que se produzem taes categorias de phenomenos empyricos, resultará para o alumno, mais uma vez, a convicção de que á identidade no modo de ser dos phenomenos corresponderá fatalmente, qualquer que seja, a identidade na causa productora.

A « emissão » é, por seu turno, facil de estudar nas radiações luminosas e mais difficil nas calorificas e chimicas. Assim, em relação ás primeiras, será facil verificar que, para um mesmo corpo emissor, variam de intensidade desde o vermelho ao violeta; que crescem desde o vermelho ao alaranjado; que, no alaranjado, attingem o maximo brilho, para depois decrescerem, passando pelo azul e indigo, até ao violeta. Para as radiações thermicas e chimicas pouco ha determinado. As radiações chimicas, derivando de varias fontes emissoras, produzem, n'uma mesma substancia, effeitos diversos. Em summa, por menos nas radiações luminosas nota-se claramente que, derivando de uma mesma fonte emissora, de radiação para radiação variam de energia, produzindo-se ao longo do espectro, desde o vermelho ao violeta, como se foram os termos d'uma escala crescente de intensidades luminosas; e, d'ahi, concluirá mais uma vez o alumno—que é « una e commum » a causa occulta d'esses phenomenos que no mundo empyrico se produzem sob a fórma de radiações.

Por o que respeita á «absorpção», na mesma radiação e á mesma temperatura é ella proporcional á emissão e varia de radiação para radiação. Esta conclusão parece reforçar incontestavelmente a que, ainda agora, acabamos de estabelecer.

Em summa, no estudo geral das radiações compostas ou simples, o professor conduzirá o alumno de modo que este veja sempre em tão vasto complexo de phenomenos uma larga base empyrica, destinada a constituir um solido alicerce para lá se assentar a determinação da causa, productora e desconhecida, de tão variados factos empyricos. Da analyse detida dos diversos grupos de radiações resultará, com effeito, para o alumno a convicção plena de que hade ser «una e commum» a causa de todas ellas. Não ficará conhecendo ainda qual seja a sua estructura intima; terá, porém, dado um passo para a determinar, e, assim, haver-se-ha preparado para, mercê de novas experiencias, se elevar até á concepção da sua mysteriosa composição. De resto, n'esta subordinação de tão variados factos empyricos, como o que offerece o estudo das radiações, a um pensamento geral e commum, o leitor não deixará de reconhecer um poderoso elemento de coordenação pedagogica, destinado a systematisar, n'uma unificação rigorosa, factos na apparencia soltos e desconnexos.

453.º Se a analyse das radiações levou o alumno á convicção de que deverá ser una e commum a todas a causa occulta que as produz, o grande phenomeno das «interferencias luminosas» abrir-lhe-ha a porta para penetrar no conhecimento da natureza essencial d'essa causa desconhecida.

A analyse das interferencias luminosas, que encontra aqui o seu verdadeiro logar pedagogico, é, como se sabe, um dos titulos de gloria de Fresnel. Grimaldi, fôra o primeiro que notára a possibilidade de interferencia para os raios luminosos; Hocke, havia procurado n'um tal facto, ainda mal estabelecido, a explicação das côres iriadas; Yong, havia-o posto fóra de duvida; é, porém, Fresnel que, por meio d'uma analyse sagacissima, dirige as suas observações em ordem a derivar d'ellas a theoria completa, destinada a explicar as condições fundamentaes em que as interferencias se produzem. Assim, reconhecendo que um tal phenomeno só póde produzir-se entre raios identicos, isto é, da mesma côr e refrangibilidade, desve-

lou a « estructura intima » da causa geral dos phenomenos calorificos e luminosos, conseguindo elevar-se desde a observação delicada dos factos presentativos e empyricos até á verdadeira concepção representativa da sua causa productora, a qual definiu como sendo devida a « movimentos vibratorios das moleculas componentes dos corpos, transmittindo-se a um meio imponderavel ».

Huygens havia dito: « Comprehender-se-ha que os corpos luminosos não se tornam visiveis por intervenção d'uma materia que vem d'elles para nós, mas por um meio analogo áquelle pelo qual o som se propaga atravez do ar ». Esta bella concepção, que assim assimilava tão racionalmente a causa do phenomeno luminoso á causa do phenomeno sonoro, foi combatida pelo illustre Newton, exactamente o espirito que mais gloriosamente representára o dynamismo actualmente triumphante. Apesar do obstaculo opposto por uma tão grande auctoridade, a concepção do illustre creador da dynamica triumphou, sendo a Fresnel que cabe a gloria de haver dado, mercê dos seus notaveis estudos sobre as interferencias, base solida á arrojada hypothese do auctor do « Horlogium oscillatorium ».

Os factos que constituem o objecto d'esta secção da physica molecular, devem ser apresentados ao alumno com toda a clareza e nitidez; exige-o a sua importancia philosophica. Ora, para o conseguir, é indispensavel obter: uma fonte luminosa; dous raios luminosos, os quaes, derivando da fonte commum, venham a separar-se, a tornar-se parallelos e proximos, conservando, apesar d'isso, sempre o mesmo estado vibratorio; processos que permittam transformar, á vontade, os dous raios luminosos, os quaes, a principio indecompostos, venham depois a ser vermelhos ou alaranjados ou violetas, etc., etc. Obtem-se tudo isto, conseguindo realisar o seguinte: que penetre n'uma camara escura, e atravez d'uma fenda vertical e de largura diminuta, um feixe de luz solar; que, havendo penetrado na camara escura, incida sobre dous espelhos, inclinados entre si quasi 180°, incidencia de que resultará para o feixe primitivo o divi-

dir-se em dous feixes parallelos e proximos. Assim, conseguiremos, com effeito, obter dous raios luminosos, os quaes, embora emanados d'uma fonte commum, coexistirão parallelamente como se emanassem de dous pontos distinctos e proximos e no mesmo estado vibratorio. Se, agora, dados aquelles dous raios luminosos em taes condições, os quizermos transformar em vermelhos ou alaranjados ou violetas, etc., bastará que atravessem um vidro de côr analoga, convenientemente collocado.

Obtida, assim, a producção de *duas* radiações luminosas, *parallelas* e *proximas* e apresentando-se como emanando de dous pontos *distinctos,* embora derivem d'uma fonte commum, é evidente que, por outro lado, podemos conseguir que as duas radiações tomem as côres de toda a escala espectral; effectuando-o, notaremos, no fundo da camara escura, uma série de fitas, alternadamente brilhantes e obscuras, mais ou menos largas ou estreitas, conforme as côres das radiações que as produzem. Se as radiações são vermelhas, as fitas terão uma certa largura; se são amarellas, serão mais estreitas, de maneira que, quanto mais nos approximarmos do violeta, tanto mais serão estreitas. Se, por outro lado, supprimirmos uma das duas radiações parallelas, fitas brilhantes e obscuras desapparecerão, permanecendo apenas uma luz homogenea, prova evidente de quanto é essencial a dualidade d'aquellas radiações para a producção das fitas luminosas e obscuras.

Até aqui, os factos empyricos que o alumno deve minuciosamente analysar.

Uma vez analysados, cumpre, em seguida, architectar sobre elles a concepção racional, destinada a explicar os phenomenos luminosos. Ora, para isso, notar-se-ha: que, tomando, por exemplo, duas radiações vermelhas e parallelas e proximas, considerando *fixo* o ponto d'onde, como vimos ha pouco, se suppõe derivar uma d'ellas, haveremos de considerar a uma certa distancia d'elle o ponto d'onde deriva a outra radiação, dispondo-se, comtudo, um e outro ao longo da mesma linha; que, mercê d'uma relação geometrica, existente entre a distan-

cia assim estabelecida para os dous pontos e a largura das fitas brilhantes e obscuras — largura, como vimos, variavel com as diversas radiações coloridas, é possivel, pela largura variavel das franjas, calcular a distancia a que se encontram os dous pontos d'onde derivam as duas radiações que produzem as fitas obscuras e brilhantes; que, para o caso das radiações vermelhas, as quaes presentemente nos occupam, uma tal distancia é de $0,^{mm}000620$. Como as mesmas observações podem repetir-se para qualquer especie de radiação, notar-se-ha: que, para as alaranjadas, productoras de franjas claras e obscuras menores do que as vermelhas, os dous pontos d'onde derivam as duas radiações parallelas estão já *mais proximos* do que no caso anterior, sendo a distancia entre elles, calculada pelos mesmos processos, igual a $0,^{mm}000583$; que, para as radiações amarellas — de franjas ainda menores, será de $0,^{mm}000551$; e assim por diante. Vê-se, pois, que, ao passo que as radiações parallelas e proximas, ao passarem por toda a escala espectral, vão apresentando franjas de variadas larguras, a distancia entre os pontos d'onde derivam as duas radiações differentemente coloridas e productoras de taes franjas vae sendo progressivamente menor; vê-se, ainda, que, a certa fracção da distancia inicial, ha luz intensa, isto é, um reforço de luz, e que a outras fracções de distancia ha sombra, isto é, annullação de luz.

Feitas estas observações, basta, agora, coordenar os elementos assim colhidos e, associando-os, recordar o typo acustico, isto é, a concepção por via da qual se explicaram os phenomenos sonoros. Ora, recordando-o, notaremos: que o som era para nós o producto das vibrações das moleculas dos corpos; que, suppondo duas moleculas vibrantes e propagando-se as vibrações simultaneas ao longo da mesma linha, se vibravam á distancia d'um comprimento de onda, pois que se propagavam em linhas parallelas e muito proximas, ora produzindo um ventre, ora um nó, e, portanto, um reforço de som ou uma interferencia sonora. Assimilando a este typo a combinação destinada a explicar os phenomenos luminosos, e appli-

cando, portanto, a concepção anterior que acabamos de considerar aos phenomenos de interferencia luminosa, ha pouco registrados, poderemos, finalmente, determinar a causa intima dos phenomenos luminosos: para isso, bastará, com effeito, comparar á distancia a que estão as duas moleculas de typo acustico as distancias a que vão estando os dous pontos d'onde derivam as duas radiações—distancias variaveis com a côr d'essas radiações; bastará, como no typo sonoro, chamar *y* a uma tal distancia; bastará considerar que, á similhança do que acontece na acustica, a certa distancia as duas vibrações luminosas, ao propagarem-se, produzirão um ventre e, portanto, um reforço de luz e a outras um nó ou seja uma neutralisação de luz; bastará vêr nas franjas obscuras e brilhantes effeitos de interferencias e reforços luminosos; bastará, finalmente, applicar aos phenomenos luminosos a relação quantitativa colhida para os phenomenos acusticos, isto é,

$$y = a \times \frac{1}{n}.$$

N'uma tal relação, y será um comprimento de onda, variavel, como sabemos, segundo as differentes côres do espectro e tanto menor quanto mais vamos avançando desde o vermelho até ao violeta; a será a velocidade da luz, determinada, pela primeira vez, por meio dos satellites de Jupiter e depois por outros processos; n representará, finalmente, o numero de vibrações capazes de produzir uma dada radiação. Como y póde determinar-se, segundo já vimos, para cada radiação elementar do espectro, como a é conhecido, o calculo da relação $y = a \times \frac{1}{n}$ dar-nos-ha o valor de n para cada côr do espectro luminoso: para o vermelho, teremos 479 vibrações; para o alaranjado, 528; para o amarello, 529; e assim por diante. Assim, o numero das vibrações crescerá e o comprimento de onda decrescerá com a refrangibilidade das radiações.

Em summa, dos phenomenos luminosos, assim observados, foi possivel ao espirito humano o elevar-se até á concepção racional seguinte: que as radiações luminosas de differentes côres são um producto de vibrações moleculares, em numero tanto maior quanto maior fôr a refrangibilidade d'essas radiações e propagando-se a um meio, necessariamente elastico e imponderavel — o ether.

454.º Tendo sido deduzida, assim, dos factos a concepção abstracta que reduz os phenomenos luminosos a productos de movimentos moleculares — assimilaveis aos do typo acustico, é necessario, por outro lado, caracterisar, ainda mais profundamente, a natureza d'uma tal ordem de movimentos, mostrando que as vibrações luminosas são «transversaes» e não, como as sonoras, longitudinaes; ora, uma tal concepção deduz-se, como é sabido, do grande phenomeno da luz polarisada, phenomeno que é, portanto, indispensavel apresentar ao alumno com toda a clareza e lucidez.

Se conseguirmos, com effeito, que um feixe de luz branca passe atravez d'um romboedrode espatho islandico, dividir-se-ha elle em dous raios — o ordinario e o extraordinario, os quaes irão incidir n'um plano que supporemos fronteiro; se, agora, fizermos girar o crystal em torno do seu eixo de rotação, as duas imagens projectadas no plano fronteiro girarão — a extraordinaria em torno da ordinaria; se, por outro lado, annullando, por um pouco, o raio extraordinario fizermos passar o ordinario por um novo crystal islandico, se este crystal girar em torno do seu eixo de rotação, o raio ordinario irá, no plano de projecção, produzir duas imagens, as quaes, como anteriormente, girarão uma em torno da outra. Ora, no caso em que o raio de luz atravessou um só crystal, formaram-se duas imagens, das quaes uma gira em torno da outra; no caso em que o raio extraordinario se annullou, o ordinario foi, atravessando um novo prisma, formar igualmente duas imagens, das quaes uma gira em torno da outra: ao circularem as duas imagens, no plano de projecção, uma ao redor da outra, apresentam, porém, nos

dous casos phenomenos differentes; e, assim, no primeiro caso, as intensidades das duas imagens são constantes; no segundo, variam uma em relação á outra, conforme variar o angulo que, entre si, formam as secções principaes dos dous prismas.

Acompanhando taes variações, notar-se-ha: que, n'um angulo de 45°, serão as duas imagens iguaes em intensidade; n'um de 90°, a ordinaria é nulla e a extraordinaria tem o maximo brilho; e assim por diante. Se em vez do raio ordinario fôr o extraordinario o que vá atravessar o segundo prisma, produzir-se-hão os mesmos phenomenos, havendo apenas differença no plano de polarisação.

Taes são os factos. Sobre elles, mediante um raciocinio adequado, hade, agora, o alumno architectar essa nova concepção racional, destinada a caracterisar a «transversalidade» das vibrações luminosas. Ora, para isso, bastará notar-se: que, ao girar um dos crystaes em torno do eixo de rotação e ao formar, assim, angulos diversos entre o seu plano principal e o do outro crystal, ha variação de intensidade no brilho luminoso das imagens produzidas pelos raios polarisados que as atravessam; que, portanto, haverá fatalmente modificações parallelas nas vibrações productoras; que, resumindo-se as variações das imagens em variações de cambiantes de luz e de obscuridade, só podem derivar da transversalidade das vibrações. Se as vibrações fossem, com effeito, longitudinaes, seriam «immodificaveis», quando as secções principaes dos prismas variassem nas suas posições relativas; se forem, porém, transversaes, apparecerão annulladas ou reforçadas, conforme as posições variaveis do segundo prisma em relação á posição fixa do primeiro; e, assim, produzirão esse reforço ou suppressão de brilho luminoso que nas imagens polarisadas se revela.

455.° Resumamos as conclusões que, até ao presente, temos estabelecido na thermo-optica.

Dous grandes complexos de factos foram analysados, a fim de sobre elles se architectarem concepções racionaes, destinadas a definirem, na sua natureza intima, a causa dos phenome-

nos thermicos e luminosos: o primeiro grupo, é constituido pelas «radiações», e da analyse operada sobre os raios, compostos ou elementares, foi ao alumno possivel elevar-se até á concepção racional de que era «uma e commum» a causa dos phenomenos calorificos e a dos phenomenos luminosos, permanecendo, porém, velada a natureza intima de tal causa; o segundo grupo de factos, é constituido pelos phenomenos das «interferencias e da luz polarisada», conseguindo o alumno, por meio d'elles, erguer-se até á concepção da verdadeira natureza essencial dos phenomenos «luminosos», quer definindo-a como sendo movimentos vibratorios, quer caracterisando como transversaes taes vibrações. Combinando, agora, as concepções derivadas d'aquelles dous grandes grupos de factos fundamentaes, no espirito do alumno ficará estabelecido o seguinte: que a causa dos phenomenos thermicos e a dos luminosos é identica; que a causa dos phenomenos luminosos são movimentos vibratorios das moleculas ponderaveis, propagando-se n'um meio elastico e imponderavel; que, sendo identica a causa das duas ordens de phenomenos e mesmo a das radiações chimicas, phenomenos luminosos e radiações calorificas e radiações chimicas—tudo virá a ser um producto de vibrações, em numero crescente desde os calores obscuros até aos raios chimicos ultra-violetas.

Tal é a analyse dos factos e tal é a maneira pedagogica de derivar d'elles a grande concepção, destinada a explicar as mysteriosas manifestações do calor e da luz.

Desde que uma tal concepção está perfeitamente definida, segue-se derivar d'ella, como na acustica, todo o mechanismo dos phenomenos thermo-opticos. Naturalmente, este ramo do nosso saber fundamental deverá seguir, na sua constituição, as grandes linhas do typo acustico, e, assim, considerar uma molecula vibrante e isolada; depois, as vibraçõos successivas d'essa molecula, dando origem ás differentes especies de radiações; depois, as vibrações simultaneas de duas ou mais moleculas, a sua composição, as fórmas geometricas que deri-

vam de taes combinações, etc., etc. A thermo-optica, condensada n'uma larga concepção dynamica, virá, assim, a constituir uma bella secção da sciencia geral da dynamica do mundo, modelada, é claro, pelo typo phoronomico, como já o fôra a concepção acustica. É cêdo, porém, para definir pedagogicamente uma tal concepção, pois que, mercê da imperfeição d'este ramo do saber, deve, por emquanto, considerar-se em plena elaboração.

Terminaremos, portanto, aqui as nossas considerações ácerca da thermo-optica.

CAPITULO IV

TRANSFORMAÇÕES DE MOVIMENTOS

Objecto do presente capitulo. — Relações fundamentaes entre a dynamica molar e a dynamica molecular, estabelecidas por meio das dilatações thermicas e mudanças de estado. — Medida da energia molecular: quantidades de calor; calor especifico; medidas dos coeficientes de dilatação. — O trabalho mechanico. — Equivalencia entre uma dada quantidade de calor e uma dada quantidade de trabalho mechanico. — Transformações de movimentos: movimentos mechanicos transformando-se em movimentos moleculares; movimentos moleculares transformando-se em movimentos mechanicos. — Conclusão.

456.° Nas secções anteriores pôde o nosso alumno assistir ao espectaculo que lhe offerecem estas duas ordens de deslocações de substancias materiaes que compõem toda a natureza, a saber: os movimentos operados pelas massas, ponderaveis ou imponderaveis, e os movimentos operados pelas moleculas de que se compõem as massas ou se propagam n'um meio ponderavel ou imponderavel. Assim, fazendo-lhe passar por deante dos olhos o espectaculo que offerece toda a dynamica do mundo, pôde elle contemplar: para um lado, os movimentos das massas celestes deslocando-se no espaço sob a acção das energias cosmicas, e os movimentos das massas terrestres e ponderaveis deslocando-se na direcção da vertical sob a energia da attracção terrestre, e os movimentos de conductores ponderaveis deslocando-se sob a influencia das deformações de massas im-

ponderaveis de materia; por outro lado, os movimentos que operam as moleculas componentes das massas — deslocando-se sob a acção d'uma energia interior para se nos apresentarem sob a fórma do que denominamos «phenomenos capillares», e os movimentos vibratorios operados pelas moleculas e destinados a traduzirem-se á nossa vista sob a fórma de luz, e os movimentos vibratorios de que derivam as impressões sonoras, e os movimentos vibratorios, finalmente, que, affastando ou approximando as moleculas componentes dos corpos, veem a traduzir-se exteriormente sob a fórma de augmentos ou diminuições na intensidade das temperaturas.

Taes são os dous grandes grupos de movimentos, os quaes, relacionados com as causas geradoras, compõem todo o conjuncto geral da dynamica do mundo. Ora, por menos em parte, o objecto do presente capitulo consiste essencialmente em «estabelecer o grande traço de união que deve prender aquellas duas ordens de movimentos, determinando entre elles uma tão rigorosa connexão que, por meio d'ella, os movimentos molares se possam transformar em movimentos moleculares e os movimentos moleculares em movimentos molares».

Naturalmente, a par d'esta equivalencia na transformabilidade dos movimentos—que são os *phenomenos,* hade avançar a equivalencia na transformabilidade das energias productoras — que são as *causas.*

Expliquemo-nos.

Uma esphera metallica, cahindo n'um vaso de agua e de uma altura que póde suppôr-se extraordinaria, póde ir até elevar a temperatura da agua ao gráu de ebulição; por outro lado, as moleculas componentes da agua, desde que a temperatura d'esta se elevou até á ebulição, deslocam-se em movimentos vibratorios de amplitude crescente, movimentos que, indo até á desaggregação da massa liquida, se traduzem aos nossos orgãos por augmento de temperaturas; por outro lado ainda, os movimentos moleculares de affastamento, reduzindo a agua ao estado de vapor, podem ir deslocar o embolo d'uma machina de va-

por, o qual, por seu turno, poderá produzir novas deslocações de massas: em summa, todos estes movimentos de massas ou de moleculas se transformam evidentemente uns nos outros, de maneira que a desaggregação das moleculas componentes da massa liquida é apenas uma nova fórma da deslocação da massa metallica que cahisse dentro do vaso cheio de agua e o vaevem do embolo uma transformação de todos os movimentos anteriores. Ora, a par de todos estes grupos de movimentos que se transformam uns nos outros, avançam as energias de que elles derivam—as quaes parallelamente se transformam umas nas outras.

No momento em que a esphera metallica, suspensa a uma altura extraordinaria, está prestes a cahir, ha n'ella dissimulada a porção de energia a que hade dever a quéda, e á qual podemos denominar «energia potencial»; o movimento descencional opéra-o ella sob a influencia d'outra fórma de energia, que podemos denominar «energia molar»; os movimentos moleculares de desaggregação na massa liquida ou os augmentos de temperatura realisam-se sob a influencia do que podemos chamar «energia molecular»: assim, ao passo que os movimentos em potencia se transformam em movimentos molares e estes em movimentos moleculares ou vice-versa, parallelamente as energias potenciaes transformam-se em energias molares e estas em energias moleculares e vice-versa.

Esta grande noção da transformabilidade de movimentos molares em movimentos moleculares e de transformação das energias que lhes são parallelas, umas nas outras, não passaria d'uma simples connexão empyrica, se por ventura não fôra possivel reduzir ao rigor das relações mathematicas a connexão existente entre uma tal ordem de movimentos e, parallelamente, entre as energias que os produzem.

A operação dynamica que visa a instituir esta grande reducção, constitue, exactamente, o objecto essencial d'este capitulo. Uma vez instituida, o espirito do alumno poderá, então, elevar-se até essa grande experiencia organisada, que domina toda

a dynamica do mundo, experiencia que póde formular-se assim: «a energia, diffundida no universo como causa productora dos movimentos n'elle realisados, una e transformavel e inanniquilavel, equivale-se nas differentes porções em que se differencia e transforma».

457.º Passando, pois, a caracterisar a fórma que deve revestir a apresentação pedagogica que tem por objecto estabelecer a relação de equivalencia existente entre os dous vastos grupos de movimentos e energias — os movimentos e energias molares e os movimentos e energias moleculares, cumpre, desde já, determinar qual a via por onde seja possivel ao espirito do alumno o instituir tão importante como curiosa connexão. É o que vamos fazer.

O som e a luz e o calor, pois que são phenomenos derivados de vibrações moleculares, podem suppôr-se uma transformação de movimentos de massas quaesquer e, portanto, a energia molecular que os produz uma transformação de energia molar. Assim, as vibrações sonoras d'uma campainha podem ser uma transformação do movimento de deslocação do martello que a fere; as vibrações que elevam a temperatura d'uma esphera e a tornam luminosa, podem, por seu turno, ser a ultima transformação do movimento molar, effectuado pela esphera ao cahir de grande altura sobre um objecto resistente: ora, sendo, como se vê, variadas as fórmas pelas quaes a deslocação d'uma massa se transforma em trabalho vibratorio, qual d'entre ellas será a mais adequada para, ao analysal-a, surprehendermos a relação de equivalencia a estabelecer mathematicamente entre os movimentos de massas e os movimentos de moleculas? Para responder a esta pergunta, bastará notar as inducções especificas e caracteristicas a que levam o espirito estas tres ordens de factos: os sonoros, os luminosos e os thermicos. Cada um d'estes grupos de phenomenos é, com effeito, apto a conduzir-nos até á concepção d'um aspecto determinado ácerca do conjuncto geral da dynamica do mundo: os phenomenos sonoros, quasi nos põem deante da vista os movimentos

moleculares de que derivam, elevando-nos, assim, directamente até á concepção da sua causa abstracta; os phenomenos luminosos e os calorificos, considerados como radiações, elevam-nos até á concepção d'uma causa una e commum para elles, causa que as interferencias luminosas e a luz polarisada definem como sendo assimilavel á dos phenomenos sonoros; os phenomenos calorificos, considerados como dilatações e mudanças de estado, serão, porém, os unicos que nos levarão até estabelecermos a grande connexão existente entre a energia molar e a energia molecular e, portanto, entre os respectivos movimentos. Em summa, a analyse dos phenomenos sonoros dará ao alumno o typo vibratorio; a analyse das radiações thermo-opticas generalisará esse typo até abranger os phenomenos do calor e da luz; a analyse, finalmente, das dilatações e mudanças de estado, operadas nos corpos, estabelecerá a relação de equivalencia entre o trabalho que impelle as massas e a energia intima que provoca as vibrações sonoras ou calorificas ou luminosas.

Indicado, assim, o grupo de phenomenos a analysar para estabelecer a grande equação mathematica entre os movimentos moleculares e molares, passemos a indicar a fórma pedagogica de a estabelecer.

458.º Pois que a analyse dos phenomenos thermicos que se apresentam como dilatações e mudanças d'estado, é a destinada a servir de base para se instituir a relação geral de equivalencia entre os movimentos moleculares e os movimentos molares e, portanto, entre as respectivas energias productoras, a primeira operação que ao alumno cumpre realisar consistirá em reduzir a *quantidades* os dous termos entre os quaes se pretende instituir uma tal connexão, isto é, os movimentos mechanicos ou molares e os movimentos moleculares. Por o que respeita ao primeiro termo, a combinação mechanica que póde realisar-se entre o espaço percorrido pela massa movente e a intensidade da energia impulsora, isto é, o *trabalho mechanico,* é apta para exprimir mathematicamente o valor, não só do phenomeno em si, mas tambem de energia que o produz; e

como já conhecemos o processo para realisar uma tal avaliação, bastará recordar ao alumno as noções que, ácerca d'um tal objecto, adquiriu na dynamica geral: por o que respeita ao segundo termo, será necessario ensinar-lhe como se mede quantitativamente essa porção de energia molecular que se traduz nos phenomenos calorificos; e como ella hade naturalmente ser proporcional aos movimentos de deslocação que se produzem nas moleculas e estes proporcionaes aos phenomenos calorificos que denominamos «dilatações e mudanças de estado», será da consideração d'estas duas ordens de modificações thermicas que levaremos o alumno até reduzir a «quantidades», quer os movimentos moleculares, quer essas porções de energia intima destinada a produzil-os.

Conforme a nossa concepção pedagogica, na instrucção primaria tivemos já occasião de lhe mostrar, quer as dilatações e contracções thermicas dos corpos, quer as suas mudanças d'estado, quer, finalmente, as leis empyricas que as regulam.

O alumno já conhece, com effeito, o thermometro, a maneira de se servir d'elle, as suas especies, os phenomenos de liquefacção e fusão e volatilisação, etc., etc.; por isso, aqui, mercê da indole scientifica e racional da instrucção secundaria, só temos a *medir* essas dilatações, as quantidades de calor que as produzem, etc.: em summa, só temos a instituir as relações, analyticas e theoricas, que são proprias d'este ramo da nossa instrucção encyclopedica.

459.° Comecemos, pois, pelas dilatações.

Para medir as dilatações dos corpos, hade o alumno comparar a dilatação d'uma certa porção de materia com a dilatação d'outra tomada por unidade. Para o conseguir, toma-se, como é sabido, a unidade de comprimento ou volume da massa a medir e calcula-se o quanto se dilata, comparando-a com a dilatação d'uma outra, que póde ser o mercurio ou o alcool córado ou o ar, etc.: assim, ter-se-ha o coeficiente de dilatação da massa, solida ou liquida ou gazosa, cuja dilatabilidade se pretende apreciar. Depois, será facil, ainda, calculal-a para uma

massa maior e da mesma substancia, para variações de temperaturas maiores do que as que vão desde 0° até 1°, etc.

Para avaliar os coeficientes, ha muitos processos que seria longo enumerar. A este respeito apenas notaremos: que o coeficiente de dilatação linear dos metaes é sensivelmente constante desde 0° a 100°; que, nos fluidos, mercê das complicações que introduz o vaso destinado a conter a massa dilatavel, ha a considerar as dilatações reaes e apparentes; e, como estas, muitas outras noções que o professor facilmente apreciará, seleccionando as que convém ou não apresentar ao alumno.

Posto isto, cumpre que passemos a medir a energia molecular, energia que, como sabemos, é proporcional aos movimentos vibratorios que se traduzem por phenomenos calorificos.

460.° Avaliando-a pela maneira como se manifesta nos phenomenos que produz, essa energia torna-se uma verdadeira grandeza « mensuravel ».

Se collocarmos, com effeito, em face um do outro, dous corpos quaesquer de desigual temperatura, nota-se, desde logo, que baixa a temperatura d'aquelle que a possue maior para se elevar a d'aquelle em que se manifesta menor; mais breve: um perde certa porção de energia calorifica que o outro ganha. Se tomarmos, por exemplo, algumas espheras de volume igual, mas de substancias diversas, poderemos notar, dadas as suas manifestações exteriores, que n'ellas se desenvolve, em quantidade diversa, a energia productora dos phenomenos calorificos; considerada, pois, como alguma cousa que augmenta ou diminue, a energica thermica é uma *grandeza* e grandeza que póde ser medida por outra da mesma especie, tomada como unidade. Para isso, basta suppôl-a, como não póde deixar de ser, proporcional ás manifestações sensiveis que provoca, medir taes manifestações por meio d'outras da mesma especie e, assim, calcular as quantidades de calor existentes nos corpos e, portanto, as quantidades de energia colorifica que n'elles se agita. Ora, para realisar uma tal operação, cumpre, desde

logo, escolher qual deva ser a *unidade* das quantidades de calor. Como tal, é costume considerar a quantidade de energia calorifica, necessaria para elevar a temperatura de um kilogramma de agua pura de 0° a 1°, quantidade a que se denomina « caloria ». Como é sabido, a quantidade de calor que, desenvolvendo-se na unidade de pezo d'um corpo d'outra natureza, é capaz de produzir o effeito acima indicado, diz-se « calor especifico », o qual virá, assim, a ser representado por um numero maior ou menor de calorias. Se variar o pezo do corpo e se variar a temperatura, o calor especifico unidade multiplicar-se-ha pelo numero de unidades do pezo e da temperatura e tornar-se-ha, então, « quantidade de calor ».

Conhecidas, quer a unidade de calor, quer a sua relação para com as quantidades de energia calorifica, segue-se apresentar ao alumno os processos mais simples, destinados a medir as quantidades calorificas capazes de produzirem differentes dilatações e mudanças d'estado. O calculo da quantidade de calor que um corpo adquire ou perde ao variar de temperatura para se « dilatar ou contrahir » dentro de certos limites, reduz-se ao calculo do calor especifico d'esse corpo; uma vez realisado, faltará tornar o numero que o exprimir tantas vezes maior quantas forem as unidades do pezo e as da temperatura, para, assim, vir a definir-se a quantidade de calor adquirida.

Para obter o valor do calor especifico, ha muitos processos. O de Black, por exemplo, applicavel a gazes ou liquidos ou solidos, póde dizer-se simples. Caracterisando-o para o caso d'uma massa solida de pezo igual a M e de temperatura T, bastará considerar um certo pezo *m* d'agua, contida no calorimetro e á temperatura *t*; bastará attender a que, assim, podemos ter duas massas em presença—uma solida, com *m* para pezo e T para temperatura, e outra liquida, com *m* para pezo e *t* para temperatura. Posto isto, se a temperatura da massa solida fôr maior do que a da liquida, perderá certa quantidade de calor, descendo a sua temperatura desde T—que era a ini-

cial, até p; a massa liquida ganhará, por seu turno, a quantidade de calor que a solida perdeu, elevando-se-lhe a temperatura de t até p; assim, a quantidade de energia calorifica, perdida pela massa solida, será $q = Mc\ (T - p)$ e a quantidade de calor ganha pela massa liquida, será $q' = m\ (p - t)$; considerando, por outro lado, que o vaso onde se contém a agua absorve uma certa quantidade de energia calorifica e nas mesmas condições em que a recebe o liquido n'elle contido, será ella $q'' = m'c'\ (p - t)$, suppondo, é claro, que m' é o pezo do vaso e que o seu calor especifico é c'; bastará, portanto, igualar a quantidade de calor q á somma das duas q' e q'', para se constituir a relação analytica

$$\mathrm{Mc\ (T - p) = m\ (p - t) + m'\ c'\ (p - t)}$$

relação de que será facil deduzir o valor do calor especifico do corpo e, portanto, o da quantidade de energia calorifica que perdeu ao contrahir-se desde T° até p°.

O calculo que tem por fim determinar o valor da energia calorifica, capaz de produzir uma certa mudança de estado, é facil de realisar.

A experiencia mostra, com effeito, que, por exemplo, na fusão, se a temperatura attinge certa altura, embora o foco continue a actuar e a massa a receber certas quantidades de calor, não se manifestarão novos augmentos de temperatura, de maneira que serão insensiveis ao thermometro as quantidades absorvidas de energia calorifica. Ora, ha um meio simples de as avaliar. Supponha-se, com effeito, que a quantidade de calor existente n'um corpo de pezo M e temperatura T, se divide em duas porções: uma, absorvida durante certo tempo, será a que se conserva sensivel ao thermometro; a outra será a quantidade de energia calorifica que, posteriormente assimilada, se conserva insensivel aos nossos meios de apreciar as temperaturas. Se, agora, suppozermos a massa solida de que se trata em presença d'uma porção d'agua de pezo m e á tem-

peratura t, ao lançarmos a massa solida na liquida esta adquirirá toda a porção de energia calorifica que a massa solida perdeu, isto é, as duas parcellas—sensivel e insensivel—de que se compunha. Estabelecendo-se uma simples relação de igualdade, bem conhecida, entre as expressões mathematicas que definem taes termos, teremos uma connexão quantitativa, que nos permittirá calcular, para o caso d'uma unidade de pezo, a quantidade do calor de fusão.

Nas outras mudanças de estado, o calculo segue, em regra, o mesmo caminho; estamos, portanto, dispensados de o caracterisar.

Medidas as quantidades de energia calorifica que se desenvolvem nas dilatações e mudanças de estado dos corpos, seguir-se-hia caracterisar o processo de calculo destinado a avaliar as quantidades de calor, quando este se considere sob o ponto de vista da «propagação atravez da massa dos corpos», processo fixado, pela primeira vez, pelo illustre Fourier; em boa ordem pedagogica, um tal calculo teria, aqui, o seu verdadeiro logar: não o faremos, porém, a fim de não alongarmos, em demazia, as nossas considerações.

461.° Passando a uma nova ordem de idéas, desde que o nosso alumno sabe reduzir ao rigor das expressões numericas as quantidades de calor, cumpre-lhe, pedagogicamente, passar a resolver esse problema fundamental, a cuja solução o calculo das quantidades de calor serve apenas de introducção. Na secção da physica que, presentemente, nos occupa, a grande operação mental, destinada a servir de centro aos esforços do alumno, consiste em elle aprender a determinar a «relação mathematica de equivalencia» entre a intensidade da energia molar e a intensidade da energia molecular em que aquella se transforma. Ora, para o conseguir está admiravelmente preparado. Tendo aprendido a reduzir ao rigor das expressões numericas, quer as quantidades de energia molar capazes de impellirem uma massa e de realisarem uma certa porção de trabalho mechanico, quer as quantidades de energia molecular capazes de

fazerem vibrar e deslocar as moleculas que compõem as massas, a operação por via da qual se propõe prender entre si as quantidades d'essas duas especies de energia, é extremamente facil: para a realisar, bastará que o alumno consiga estabelecer analyticamente quantas unidades de trabalho correspondem a uma caloria ou unidade de calor e *vice-versa*.

O processo para determinar uma tal relação, na essencia, é simples; bastará, com effeito, realisar e medir os dous seguintes termos da relação a instituir: para um lado, o trabalho molar, que uma certa massa effectuará e que mediremos; para o outro, um certo trabalho molecular, produzido por uma certa porção de energia calorifica e que igualmente mediremos. Instituindo a experiencia destinada a medir aquelles dous termos, de maneira que a quantidade d'um dos trabalhos se «transforme» reciprocamente na quantidade dos outros, a quantidade de energia molar, destinada a corresponder a cada unidade de energia molecular ou calorifica, será evidentemente determinada, dividindo o trabalho molar pela quantidade de trabalho calorifico desenvolvido.

E, com effeito, é este, pouco mais ou menos, o espirito essencial da experiencia de Joule, a quem pertence, cremos nós, a gloria de tão grande descoberta. O equivalente do trabalho molar, calculado pelo processo anterior, é, como vimos, a quantidade correspondente a uma «caloria»; se, porém, multiplicarmos uma tal quantidade pelo numero de calorias que elevam a unidade de pezo d'esse corpo desde 0° até 1°, teremos o equivalente ao «calor especifico»; se multiplicarmos, ainda, o producto anterior pelo pezo do corpo, obteremos, finalmente, o numero de kilogrammetros de trabalho molar, equivalentes a «qualquer» quantidade de calor existente no corpo.

N'esta transformação de quantidades de trabalho molar em quantidades de trabalho molecular, cumpre, comtudo, notar que nem todo o trabalho mechanico se transforma em calor sensivel: uma certa porção converte-se, com effeito, em energia calorifica, destinada a vencer as pressões exteriores; outra, em

energia destinada a vencer certas resistencias; outra, em energia destinada a alargar as amplitudes vibratorias do movimento molecular que produz o calor.

Tal é, em summa, a operação essencial, por via da qual se relacionam, n'uma connexão de equivalencia, as quantidades de energia molar e as quantidades de energia molecular, quando uma se transformar na outra.

Colhida na analyse applicada a phenomenos puramente thermicos, uma tal connexão póde, agora, ser generalisada aos phenomenos sonoros e luminosos. D'uma tão importante generalisação virá, finalmente, a concluir-se essa experiencia suprema que domina toda a dynamica do mundo; e é a seguinte: que, nas suas constantes transformações, a energia universal varia de fórmas, mas não de substancia, permanecendo quantitativamente inalteravel ao redistribuir-se no mundo, quer seja objectivada em trabalho molar e vá transformar-se em vibrações sonoras ou thermicas ou luminosas, quer seja consubstanciada em trabalho molecular e vá traduzir-se em deslocações de massas ponderaveis ou imponderaveis.

462.° Desde que o alumno pode elevar-se até esta vasta e suprema synthese dynamica, está apto para lhe subordinar as noções das variadissimas «transformações de movimentos» que se operam em toda a natureza. Por isso, está chegado o momento pedagogico de lhe apresentar uma tal ordem de noções, encontrando aqui logar apropriado idéas que, em varias secções da physica, haviam sido postas de parte.

O primeiro grupo de transformações de movimentos que convirá apresentar, serão aquellas em que um dos termos é o movimento de massas e o outro é o movimento de moleculas que se traduz aos nossos sentidos sob a fórma de calor e luz. Ora, de transformações dynamicas d'esta ordem temos muitos e variados exemplos. Podem até reunir-se em tantos grupos quantas as especies de massas de materia que se deslocam para os produzir. Assim, se imaginarmos as massas planetarias do nosso systema, animadas de velocidade immensa, a precipitar-se

no sol, o movimento molar que, assim, realisariam, transformar-se-hia em quantidades enormissimas de calorias, capazes de as desaggregar totalmente; o movimento das massas terrestres que, sob a acção da gravidade, cahem sobre a Terra, transforma-se em movimento molecular d'ordem thermica; o trabalho realisado pelo martello, quando se desloca para ferir a campainha do relogio, transforma-se em vibrações sonoras; o trabalho dynamico que se desenvolve ao friccionarmos ou clivarmos um objecto electrisavel, transforma-se, finalmente, n'essa outra ordem de trabalho devido ás deformações das massas imponderaveis de materia, quando attrahe ou repelle os conductores electricos.

Por outro lado, o trabalho manifestado nas attracções e repulsões dos conductores electrisados póde transformar-se em trabalho vibratorio e calorifico ou luminoso. Um exemplo d'esta ordem de transformações está na faisca electrica quando se produz ao pôrmos em communicação, por meio d'um excitador, as duas armaduras d'um condensador: as massas de ether encontram-se, em tal caso, separadas pelo corpo isolador e em estado de differente condensação — havendo n'um dos conductores rarefeita e condensada no outro certa porção de massa de materia imponderavel; as duas massas, assim deformadas, tendem para o equilibrio e, portanto, attrahem-se mutuamente, exercendo certa tensão na superficie do isolador interposto; ao estabelecer-se, pois, a communicação, o equilibrio entre as massas de materia imponderavel—rarefeita e condensada, tende a realisar-se e, assim, o trabalho molar que impelle precipitadamente as massas de ether deformadas ao longo dos conductores, vae transformar-se em trabalho vibratorio, dando origem á faisca electrica, isto é, a uma manifestação thermo-optica.

463.° Presentemente, cumpre encarar o problema pela face inversa; isto é, havendo caracterisado as transformações de movimentos molares em movimentos moleculares, convirá caracterisar as transformações de movimentos moleculares em movimentos molares.

Em tal caso, o exemplo da machina de vapor é um d'aquelles que, desde logo, lembra. N'ella, o calor desenvolvido pela combustão affasta, com effeito, entre si, as moleculas da agua contida na caldeira, agua que, assim, passa ao estado de vapor; este, impelle o jogo da machina, destinado a realisar o movimento d'um certo numero de massas; aqui ha, como é facil de vêr, uma verdadeira transformação de energia molar e, portanto, de movimentos vibratorios de moleculas em movimentos de deslocação de massas.

O calor póde, por outro lado, transformar-se em trabalho electrico. Um tal facto observa-se claramente nas pilhas thermo-electricas, cuja apresentação ao alumno tem aqui o seu verdadeiro logar pedagogico.

A luz póde igualmente transformar-se em trabalho dynamico.

Muitas vezes, a energia molecular sob uma certa fórma póde transformar-se em energia molecular sob uma outra fórma. Assim, parece que a phosphorescencia é effeito d'uma transformação d'esse genero, transformação em que um raio luminoso, simples e muito refrangivel, vae converter-se n'uma infinidade de raios menos refrangiveis.

Além das transformações que havemos indicado, ha ainda ess'outra ordem de transformações em que a energia molecular se transforma em energia «intra-molecular», transformações de que offerece um exemplo notavel a photographia; dado o caracter geral da nossa concepção pedagogica, não temos, porém, de nos occupar aqui d'uma tal ordem de transformações. Os movimentos atomicos, devidos á energia intra-molecular são, com effeito, manifestações dynamicas que constituem um elemento, integrante e interior, da molecula, não como massa que se desloca no espaço, mas como *aggregado* em que ha uma certa composição e estructura; só na chimica, sciencia destinada a tratar das moleculas sob um tal ponto de vista, deverá, pois, entrar-se em consideração com tal ordem de noções.

Taes são, em resumo, os pontos de vista geraes sob que

convém considerar as variadas transformações de movimentos que se opéram na natureza. Tansformações de movimentos de massas ponderaveis em movimentos de massas igualmente ponderaveis, transformações de movimentos de massas ponderaveis em movimentos de massas imponderaveis, transformações de movimentos de massas imponderaveis em movimentos de massas igualmente imponderaveis, eis um primeiro grupo d'esta ordem de connexões; transformações de movimentos de massas, ponderaveis ou imponderaveis, em movimentos moleculares, eis outro grupo; transformações, finalmente, de movimentos moleculares em movimentos de massas, eis um terceiro grupo: embora os não tenhamos exemplificado todos, será, em todo o caso, n'esta ordem pedagogica que deverão succeder-se os grupos de transformações dynamicas a apresentar ao alumno, ordem que, como é facil vêr, se harmonisa com a ordem pedagogica geral em que temos considerado os diversos ramos da dynamica.

De toda esta synthese geral de transformações, derivará, como ultimo resultado, para o alumno a consciencia d'essa rigorosa unidade que domina em toda a composição dynamica do mundo; derivará a convicção de que os movimentos n'elle executados e as energias que os originam são uma transformação continua d'uns em outros; derivará, finalmente, a noção, clara e nitida, de que, no universo, movimentos e energias permanecem e transformam-se, mas não se anniquilam, constituindo esse eterno fluxo e refluxo que constantemente anima toda a natureza.

464.° Taes são, em resumo, as considerações que nos parece dever fazer ácerca das transformações geraes dos movimentos, devidos á persistencia e transformabilidade da energia.

Systematisando a physica molecular d'uma maneira essencialmente differente d'aquella que actualmente predomina nos livros da especialidade, parece-nos haver-lhe dado a fórma pedagogica mais adequada a uma concepção clara da dynamica do mundo.

*

E, com effeito, primeiro apresentaram-se ao alumno os movimentos moleculares denominados «centraes»; depois, os movimentos vibratorios que se propagam no seio da materia ponderavel, movimentos cuja concepção tão facilmente se deduz da experiencia; depois, a titulo de introducção, o conjuncto geral dos factos e conclusões que o espirito registra, quer no estudo das radiações — compostas ou simples, quer na analyse das interferencias e da luz polarisada, material este que, por desvios, indirectos mas seguros, o levará até conceber a natureza dos movimentos productores do calor e da luz; determinado o mechanismo d'uma tal ordem de movimentos por via d'uma assimilação aos que produzem o som, isto é, fundidas no mesmo molde as vibrações que se propagam em meios ponderaveis e imponderaveis, constituida assim, por uma assimilação ao typo acustico, o que poderemos denominar a «phoronomia do calor e da luz», o alumno apparece-nos, então, de posse d'esses dous grandes termos dynamicos—o complexo de movimentos que realisam as massas e o complexo de movimentos que realisam as moleculas; depois, abarcando-os na sua totalidade, passa a instituir a grande relação que os liga entre si, determinando a «equivalencia» existente entre a energia que produz os movimentos das massas e a energia que produz os movimentos das moleculas; completando a noção assim estabelecida com novas noções ácerca de transformações variadas de movimentos uns nos outros, consegue, finalmente, elevar-se até á concepção da «unidade e persistencia e transformabilidade da energia», experiencia, ultima e suprema, que deriva do estudo de toda a dynamica do mundo. Concebendo, sob um tal typo, a composição geral da physica, a dynamica molecular e molar virão a constituir, na esphera subjectiva e scientifica, um todo tão uno e rigorosamente coordenado como o é, na esphera objectiva, o objecto, elevado e grandioso, de que se occupa, isto é, o vasto complexo de movimentos que se realisam no mundo.

CONSIDERAÇÕES GERAES ÁCERCA DA DYNAMICA DO MUNDO

465.º Somos, finalmente, chegados ao fim d'esta longa elaboração mental, destinada a pôr deante dos olhos do alumno o magestoso espectaculo offerecido á contemplação do espirito humano pela composição dynamica do mundo. Ora, antes de passarmos a estudar a estructura dos aggregados que o compõem, o pensamento compraz-se em lançar um golpe de vista geral sobre tão vasto campo de noções abstractas, de relações complicadas, de concepções elevadas e difficeis, de generalisações amplas e dilatadas.

Comparando, primeiramente, entre si, as sciencias que téem, até aqui, occupado a nossa attenção, ao analysarmos as relações de similaridade ou dissimilhança que nos apresenta a sua constituição essencial, nota-se um facto da mais alta importancia scientifica e pedagogica: d'entre todas, destaca-se um grupo de duas — uno na sua dualidade — o qual serve como de typo de construcção mental a todas quantas se occupam da dynamica do mundo. Este grupo typico, tão natural como saliente, é constituido por duas sciencias fundamentaes e nitidamente caracterisadas: uma é a ASTRONOMIA, sciencia destinada a occupar-se dos phenomenos que denominamos «movimentos astronomicos», e, portanto, essencialmente «concreta»; outra é a DYNAMICA CELESTE, sciencia destinada a occupar-se das «relações de successão» entre os movimentos astronomicos e as forças cosmicas de que derivam, e, portanto, essencialmente «abstracto-concreta».

O conjuncto d'estas duas sciencias, constitue para a intelligencia humana um grupo tão natural e uno e solidario e completo, que, na economia geral do nosso saber integral, apresenta-se-nos como o modêlo supremo sobre o qual se calcam, ao constituirem-se em verdadeiras unidades scientificas, os complexos variados de noções que téem por objecto a dynamica do mundo.

Como mais d'uma vez temos dito, é, com effeito, assimilando a noções preestabelecidas outras noções que se construe o saber humano; ora, o grupo dynamico-astronomico, que acabamos de caracterisar, pela admiravel simplicidade da sua constituição scientifica é e será sempre o typo, eterno e indestructivel, ao qual na sua genese e coordenação serão constantemente assimiladas as nossas idéas ácerca da composição dynamica da natureza.

E, senão, analysemos rapidamente a physionomia essencial que apresenta a estructura geral de cada um dos ramos componentes da dynamica do mundo — ao comparal-os com o typo dynamico-astronomico.

Primeiramente, o proprio grupo astronomico, que serve de typo de constituição a todos os outros grupos dynamicos, é, na sua composição, perfeitamente caracteristico e definido: no elemento concreto, isto é, na astronomia, ha o phenomeno do movimento com todas as circumstancias caracteristicas, taes como — trajectorias e velocidades e tempos decorridos, ha a constituição de todos esses elementos n'um grande conjuncto phenomenal, ha, finalmente, uma observação empyrica e presentativa que registra factos, um poder representativo que construe, no seu conjuncto, a concepção mental que os explica, uma logica rigorosa que applica essa concepção, quer á explicação dos phenomenos, quer á realisação d'essa previsão racional, que é a alma viva da sciencia; no elemento abstracto-concreto, isto é, na dynamica celeste, ha a determinação da causa dos phenomenos por meio da observação empyrica dos factos, ha, analyticamente expressas pelos methodos de composição e posição, relações de successão entre os phenomenos de movimento e a sua causa geradora, ha, finalmente, uma longa e rigorosa série de deducções, mercê das quaes, partindo de syntheses assim estabelecidas, o espirito humano vae até determinar *á priori* os factos, empyricos e particulares, da dynamica cosmica. Em summa, no grupo dynamico-astronomico, ha o elemento phoronomico e o elemento dynamico, tão bem accentuados, rigorosos e

definidos que, reunidos, constituirão o typo eterno das nossas concepções scientificas mais perfeitas, e, no seu conjuncto unitario e tão nitidamente definido, um modêlo admiravel de rigor logico e de verdade incomparavel.

466.º Definido assim o grupo astronomico, será, agora, facil comparar com elle os outros ramos da sciencia geral que tem por objecto a dynamica do mundo.

Assim, elevando-nos, primeiramente, a uma esphera mais abstracta do que o é a do grupo dynamico-astronomico, apparece-nos, desde logo, o grupo dynamico-phoronomico, isto é, o conjuncto constituido por essas duas sciencias a que denominamos «phoronomia e dynamica geral». Ora, contemplando estas duas sciencias na sua constituição, accusam immediatamente o tom geral do modêlo astronomico que lhes serviu de typo de elaboração. Uma e outra, mais abstracta nos elementos e mais geral nas noções, no conjuncto offerecem-nos, comtudo, as mesmas grandes linhas de composição: na phoronomia, ha, com effeito, sob a fórma de movimentos, o elemento concreto ou phenomenal, e, portanto, ha massas e deslocações de massas e velocidades e espaços percorridos e tempos gastos em os percorrer, etc., etc.; na dynamica geral, ha, pela analyse dos phenomenos a determinação da natureza das forças qne os geram, ha a instituição de relações de successão — por meio dos methodos analyticos de composição e posição — entre os movimentos produzidos e essas forças de que derivam, ha a reducção d'essas relações a grandes e vastas syntheses analyticas e ha, finalmente, a applicação d'ellas, por deducção, aos factos concretos e particulares que registra a experiencia. Vê-se, portanto, que o grupo dynamico-phoronomico é calcado pelo grupo dynamico-astronomico que lhe serve de typo, typo a que, na sua alta abstracção e generalidade, se assimila por completo.

Acima do grupo dynamico-phoronomico, eleva-se um novo grupo abstracto, que poderemos suppôr composto por dous elementos: um, que representará o concreto e o phenomenal, será a geometria synthetica: outro, que representará o abstra-

cto-concreto, será a geometria analytica. Em verdade, estes dous grupos não são já de natureza essencialmente dynamica, mas, embora imperfeitamente, podem, comtudo, suppôr-se calcados pelo typo fundamental. Na parte concreta, isto é, na geometria synthetica, o espirito tem, com effeito, a haver-se com verdadeiros phenomenos geometricos, pois que outra cousa não são as fórmas ideaes a que o nosso espirito dá origem por esse esforço de abstracção que opéra nas fórmas extensas e reaes; na parte abstracto-concreta, tem, pelo contrario, de considerar verdadeiras relações de successão, instituidas entre as variações nas fórmas geometricas como phenomenos e as variações na posição, em relação a systemas de referencia, dos elementos geradores, relações que, fixadas por meio dos methodos analyticos de composição e posição, virão a constituir-se em syntheses supremas, applicaveis, por deducção, a mil casos particulares existentes no mundo da extensão.

Se, deixando os grupos mais abstractos do que o é o typo astronomico, descemos para o campo dos que o são menos, tudo ahi nos apparece concebido segundo as grandes linhas do modêlo central e approximando-se d'elle com maior ou menor perfeição. Assim, analysando o conjuncto geral de noções que constituem os differentes ramos de sciencia, destinados a occuparem-se de objectos mais concretos do que o é o do grupo dynamico-astronomico, conforme predominar n'esses differentes ramos o elemento concreto ou o abstracto-concreto assim poderão vir a differenciar-se em dous grupos geraes: um, será constituido por aquella ordem de secções em que predominar, com prejuizo do concreto, o elemento abstracto-concreto, e serão ellas — a parte da physica geral a que anteriormente denominamos «physica das massas» e a electrologia; o outro, será constituido por ess'outra ordem de secções em que predomina o elemento concreto com prejuizo do abstracto-concreto, e serão ellas — a acustica e a thermo-optica. Na physica, a secção que se occupa das attracções e repulsões moleculares, ainda que mal definida, deve considerar-se como filiada no grupo

abstracto-concreto. Analysando cada uma d'estas secções e comparando-as com o typo astronomico, deparam-se-nos, desde logo, interessantes analogias, que revelam calcarem-se n'um tal modêlo ao serem constituidas em corpo de sciencia pelo potente esforço do espirito humano.

E senão vejamos.

Começando pela physica das massas, ao analysarem-se as differentes noções que uma tal secção scientifica nos apresenta, nota-se, desde logo, que ha n'ella, bem distinctos, o elemento concreto e o abstracto-concreto. Como elemento concreto devemos considerar tudo quanto sejam coexistencias de velocidades ou trajectorias ou tempos decorridos; e, assim, as relações uniformes, a que denominam «leis da quéda dos corpos», devem ser olhadas como verdadeiras connexões do genero phoronomico, isto é, como experiencias organisadas ácerca d'essa ordem de phenomenos, a que poderemos chamar «movimentos verticaes de massas terrestres e ponderaveis»: como elemento abstracto-concreto, devemos, pelo contrario, considerar as relações de successão que, na mesma secção da physica, estabelecemos entre os movimentos assim caracterisados e a força de gravidade que lhes dá origem, relações evidentemente analogas ás relações de successão que, mais geraes, determinamos na dynamica celeste e de que deduzimos tantas circumstancias, particulares e caracteristicas, dos movimentos celestes. Assim, a physica das massas terrestres e ponderaveis modela-se, nos seus traços geraes, pelo typo dynamico-astronomico; mas, a mais do que elle, revela maior complexidade nos elementos, menor perfeição na constituição scientifica, menor generalidade nas syntheses, as quaes terão de ser constantemente modificadas conforme passarmos dos solidos aos liquidos e dos liquidos aos gazes. Em todo o caso persistem, como no typo modêlo, os mesmos dous elementos fundamentaes, as mesmas applicações do abstracto ao concreto pelos methodos de composição e posição, os mesmos processos geraes de determinação, por meio da analyse exercida sobre os factos, da natureza das

forças, as mesmas syntheses analyticas, o mesmo espirito deductivo.

Passando á electrologia, n'ella predomina evidentemente o elemento abstracto-concreto. Em rigor, ha n'esta grande secção da physica os dous pontos de vista fundamentaes, isto é, o que se refere aos «movimentos» e o que se refere ás «relações de successão entre esses movimentos como phenomenos e as forças que lhes dão origem»; mas o primeiro ponto de vista quasi desapparece sob a grande e preponderante importancia do segundo. Na electrologia, consideram-se, com effeito, os movimentos dos conductores electricos; estes não são, porém, os fundamentaes e, portanto, os que devem principalmente prender n'este ramo de sciencia a nossa attenção: como taes cumpre, pelo contrario, que sejam olhadas as deslocações das massas de materia imponderavel, quer em equilibrio, quer derivando ao longo dos conductores. Ora, taes deslocações são simples de mais para offerecerem ao espirito noções capazes de, coordenadas entre si, virem a constituir uma grande construcção phoronomica: as velocidades electricas são, com effeito, apenas mensuraveis; as accelerações das massas d'ether, ao deformarem-se ou derivarem nos conductores, são pouco caracteristicas; o ponto de vista phoronomico é, portanto, pouco definido. Na coordenação da electrologia, como ramo do nosso saber theorico e fundamental, o ponto de vista abstracto-concreto é, pois, o que apparece como predominante. N'ella, trata-se, com effeito, principalmente, de fixar, por meio das circumstancias dos phenomenos, a natureza da força productora; trata-se de relacionar essa força com os phenomenos produzidos por meio dos methodos de composição e posição; trata-se de derivar das relações assim instituidas as experiencias mais particulares que o espirito anteriormente havia registrado no campo da observação empyrica.

Se da electrologia passarmos á secção da physica que se occupa dos movimentos moleculares, em geral é o ponto de vista phoronomico ou phenomenal o que predomina. A acustica

é, com effeito, uma grande e bella construcção mental, em que se reunem noções ácerca de movimentos e velocidades e trajectorias e tempos decorridos, etc., etc. Em rigor, o elemento abstracto-concreto não falta, podendo caracterisar-se a natureza da força productora dos phenomenos acusticos e até uma ou outra synthese que a relaciona com os phenomenos produzidos; o elemento phenomenal é, porém, o que domina em toda a extensão da acustica, consubstanciado, como sabemos, no grande facto dos movimentos vibratorios, destinados a explicarem ao espirito humano o mundo da sonoridade.

Pelo seu lado, a thermo-optica, assimilavel como é ao modêlo acustico, é uma verdadeira geometria dos movimentos vibratorios em meios imponderaveis e revela, portanto, como a acustica, o mesmo caracter concreto.

Em summa, se na electrologia predomina o elemento abstracto-concreto com prejuizo do concreto, na acustica e thermo-optica predomina o elemento concreto com prejuizo do abstracto-concreto; mas, em todo o caso, sobre um ou outro dos dous elementos fundamentaes do typo dynamico-astronomico é que se modelam e calcam.

Em conclusão: não, decerto, pela evolução historica do seu desenvolvimento effectivo, mas por o que respeita ás nossas systematisações racionaes, o typo astronomico domina, como modêlo typico de construcção, a concepção geral da dynamica do mundo. N'umas partes, é um dos dous elementos que predomina com prejuizo dos restantes; n'outras, será um outro que se accentuará em detrimento d'aquelles que, em outras secções, dominavam: quaesquer que sejam estas variações na constituição scientifica da dynamica do mundo, tudo se reduzirá, porém, para nós a modelar as nossas concepções dynamicas por esse exemplar, simples e admiravel, que se nos patenteia no grande livro da natureza.

467.° O calculo algebrico, a geometria synthetica, a geometria analytica e o calculo infinitesimal constituem, com a phoronomia e a dynamica geral — tudo fundido n'uma coordena-

ção racional, uma introducção indispensavel á dynamica do mundo.

Assim devia ser. As nossas concepções, phoronomicas e dynamicas, reduzem-se a uma vasta geometria de fórmas quantitativas, de movimentos realisados, de forças em acção, tudo fecundado e relacionado pelo rigor das fórmulas analyticas: ora, para definir a natureza essencial das fórmas quantitativas era indispensavel a geometria synthetica; para comprehender as relações, analyticas e abstractas, que se lhes hãode applicar, era necessario o estudo do calculo algebrico; para applicar taes fórmulas ás coexistencias geometricas—coexistencias a que, a final, podem reduzir-se todos os elementos continuos e analyticamente fixaveis, era forçoso cultivar a geometria analytica e o methodo infinitesimal; para fecundar tudo isto com as noções de força e movimento no tempo, era, finalmente, urgente entrar em consideração com a phoronomia e a dynamica geraes.

Como é facil vêr, a vasta construcção scientifica que se estende desde o calculo até aos ultimos recantos da dynamica molecular, offerece-nos, contemplada d'um ponto de vista superior, um admiravel conjuncto pedagogico, em que tudo se fixa, coordena, unifica e completa. No alto, as relações abstractas do calculo, as fórmas concretas da geometria, as combinações realisadas entre ellas pelos grandes processos de applicação do abstracto ao concreto; mais abaixo, o grupo dynamico-phoronomico geral, calcado pelo astronomico, mas mais abstracto, mais simples e, por isso mesmo, mais vasto; mais abaixo ainda, o grupo dynamico-astronomico, typo eterno de perfeição scientifica e modêlo grandioso das nossas concepções dynamicas; na esphera inferior a elle, a physica das massas ponderaveis e a electrologia, onde predomina o elemento abstracto-concreto do grupo typico; mais complexas do que todos os grupos inferiores, a acustica e a thermo-optica, onde, finalmente, predomina o elemento concreto: todo este vasto complexo de noções constitue uma longa construcção scientifica, racional nas idéas, representativa nos objectos, decrescendo em generalida-

de e crescendo em complexidade, preparando por meio dos abstractos a formação do concreto, unificando em vasta synthese toda a dynamica do universo.

Francamente, no periodo em que aprendem a systematisar scientificamente o que empyricamente lhes ministraram, não cremos que haja no mundo das nossas concepções mentaes objecto mais digno de ser apresentado ás gerações que despontam. Se o caracter essencial da instrucção secundaria é ser educativa e geral e fundamental e encyclopedica, uma larga parte d'esse grande objecto que ella se propõe patentear ao espirito da juventude que surge no mundo, hade ser constituido pela dynamica do universo; só ella, com effeito, condensa em si a explicação racional d'esse dynamismo universal, que é altamente abstracto para educar o esforço da concepção, que é altamente logico para apurar o raciocinio, que é, em summa, altamente vasto para elevar o sentimento acima da mesquinhez das paixões, a vontade acima das fraquezas de caracter, a intelligencia acima das superficialidades banaes.

SECÇÃO III

AGGREGADOS INORGANICOS, ORGANICOS E ORGANISADOS

(CHIMICA, MINERALOGIA, COSMOLOGIA, BIOLOGIA E ANTHROPOLOGIA)

CONSIDERAÇÕES PRELIMINARES

468.° Havemos, até aqui, apresentado ao nosso alumno o conjuncto geral de movimentos e de energias productoras que constituem a dynamica do mundo. Taes movimentos são, porém, gerados por « massas » que se deslocam, ou ellas sejam imponderaveis ou ponderaveis, mineraes, vegetaes, animaes, etc.; e, como no objecto de que se occupa a sciencia do universo ha dous aspectos fundamentaes a considerar — os movimentos e as massas geradoras, seguir-se-ha que, havendo tratado dos movimentos, cumpre que o nosso alumno passe a considerar, na sua composição estructural, as massas que os geram.

Em summa: os movimentos, com as energias que os produzem, constituem a face « dynamica » da composição do mundo; as massas, consideradas como « aggregados » de elementos, constituem a sua face « estructural ».

Conhecida a parte dynamica, cumpre que conheça a estructural; assim, reunindo n'uma vasta noção os conhecimentos « empyricos » que lhe forneceu a instrucção primaria e os conhecimentos « racionaes » que lhe dá a instrucção secundaria, entrará na posse d'esse vasto e grandioso todo scientifico que tem por objecto a « dynamica e estructura do universo », alvo

a que devem visar, como sabemos, os esforços de toda a nossa instrucção integral.

Entrando, portanto, na grande secção da pedagogia que se occupa de apresentar ao alumno as noções mais fundamentaes sobre a parte «estructural do mundo», convém que, antes de tratarmos, em particular, de cada uma das sciencias que de tal objecto se occupam, façamos algumas considerações prévias, destinadas a lançar os primeiros lineamentos pedagogicos de tão importante assumpto.

469.° Nas apresentações pedagogicas que temos de offerecer ao nosso alumno ha, como sabemos, dous elementos a considerar: as noções a ministrar-lhe, isto é, o elemento subjectivo, e o objecto a que taes noções se referem, isto é, o elemento objectivo.

Os objectos que, no seu conjuncto e relações, constituem o que denominamos a «estructura do mundo» são: as moleculas, inorganicas ou organicas, isto é, os aggregados de átomos; os mineraes ou aggregados de moleculas inorganicas e, mais propriamente, de crystaes; os astros, ou aggregados de mineraes; os sêres vivos, ou aggregados de mineraes e d'essa outra ordem de substancias a que denominamos «organicas», isto é, syntheses objectivas de todos os elementos anteriores; e, finalmente, os homens e os grupos por elles constituidos, isto é, as sociedades humanas.

Mais abstractos do que quaesquer outros, são os aggregados que denominamos «moleculas»; estas, agglomerando-se, produzem — como aggregados mais concretos, quer as substancias inorganicas de que derivam os mineraes, quer as substancias que denominamos «organicas»; agglomerando-se entre si, os mineraes dão origem aos grandes aggregados celestes; agglomerando-se os mineraes e as substancias organicas, dão origem aos sêres vivos; d'entre estes, o homem, aggregando-se com os outros homens, constitue as sociedades humanas: esta série de objectos da sciencia geral apresenta-se-nos, assim encadeada, em abstracção decrescente e complexidade crescente. Dada a

indole, já bem caracterisada, da instrucção secundaria, será n'esta mesma ordem «successiva» que nos occuparemos das sciencias parciaes que lhes são correlativas.

Sob o ponto de vista subjectivo, a cada um d'aquelles objectos corresponde uma sciencia bem definida: aos aggregados moleculares, a chimica; aos aggregados mineraes, a mineralogia; aos aggregados celestes, a cosmographia; aos sêres vivos, a biologia; ao homem, finalmente, e aos grupos que elle fórma, a anthropologia e a sociologia.

Consideradas nas suas relações pedagogicas geraes, cada uma d'estas sciencias é mais particular do que aquella que a antecede e mais geral do que a subsequente; e, assim, considerando-as em successão, vão avançando n'uma particularidade crescente e generalidade decrescente.

Recordemos ainda ao leitor outras noções importantes.

Como anteriormente vimos, as sciencias concretas dividem-se em abstractas, abstracto-concretas e concretas. Nas concretas, dada a nossa concepção pedagogica, constituimos dous grupos: o d'aquellas que se occupam d'esses todos a que denominamos «movimentos» e o d'aquellas que se occupam d'esses todos a que denominamos «aggregados resistentes». Havendo-nos occupado de todas as outras, é das que têem por objecto —os aggregados «resistentes» que cumpre agora tratar.

470.° Deixando as relações geraes que nos apresentam, quer entre si, quer para com os outros grupos da sciencia geral, as sciencias que presentemente nos occupam, analysemol-as na sua composição interior.

Naturalmente, cada uma das sciencias que se occupam de aggregados resistentes hade dividir-se em duas grandes secções: a primeira, mais geral nas idéas e mais abstracta no objecto, occupar-se-ha do aggregado «em geral»; a segunda, mais particular nas idéas e mais concreta no objecto, tratará dos «aggregados particulares» que, na natureza, se nos apresentam sob o dominio e extensão do aggregado geral. E, assim, teremos uma biologia geral e especial, como teremos uma

mineralogia geral e uma especial, etc. A parte geral de cada sciencia é naturalmente destinada ás grandes generalisações ácerca do objecto de que ella se occupa, ás grandes syntheses, a essa larga porção de experiencias racionaes e elevadas que, referindo-se ao objecto de que se trata, o espirito humano organisa ácerca dos objectos do saber; a parte especial, considerado mais de perto o objecto da sciencia, será destinada a applicar aos objectos parciaes em que elle se differencia as syntheses geraes que o espirito organisou, operando-se, assim, a fusão do particular no geral, e realisando-se, portanto, essa progressiva unificação, que é a grande aspiração do espirito humano. D'esta maneira, a cada sciencia mais geral vão-se subordinando as que são mais particulares; e como, por outro lado, dentro de cada sciencia, á secção geral se hade subordinar a especial, concluir-se-ha, que, assim como os objectos do saber se vão dispondo n'uma longa successão de abstracção decrescente, o saber ácerca dos aggregados concretos e resistentes ir-se-ha, dentro e fóra de cada sciencia, seriando n'uma generalidade decrescente.

471.º Quaes são os pontos de vista sob que o professor deverá offerecer ao alumno os aggregados resistentes de que vamos presentemente occupar-nos? Eis, sob o ponto de vista pedagogico, uma questão da mais alta importancia, questão que domina toda a pedagogia na secção que nos occupa.

Conhecer, d'antemão, as faces sob as quaes hade encarar-se um objecto é, para o professor, a melhor preparação para o apresentar ao seu alumno, de uma maneira clara e nitida e completa; adquirindo-a, a si mesmo fixará o programma a executar e a vereda por onde hade dirigir-se. Fixemos, portanto, os pontos de vista geraes que, como mais fundamentaes, offerecem os aggregados, os quaes, no seu conjuncto, constituem a composição estructural do universo.

Primeiramente, o espirito humano, uma vez adquiridas essas noções elementares e empyricas que, conforme a indole da nossa concepção pedagogica, a instrucção primaria nos offe-

rece, trata, é claro, de considerar «em toda a sua generalidade» os sêres que pretende estudar; e, então, em relação a elles, determina propriedades e relações geraes, considerando-os, quer na plenitude da sua existencia, quer no seu desenvolvimento: ora, na especialisação de taes propriedades e relações vae incluida a idéa d'uma verdadeira *descripção*, tendo por objecto as propriedades, estaticas ou dynamicas, do sêr que nos occupa. Descendo da consideração dos aggregados em geral á sua especialisação em aggregados particulares, afim de auxiliar a fraqueza do espirito humano ha naturalmente necessidade de aproveitar as propriedades fundamentaes que caracterisam os sêres e, por via d'ellas, redistribuil-os em grupos e subgrupos, afim de sobre elles incidir a descripção particular de que possam ser objecto; em summa, é necessario *classifical-os* e, em seguida, *descrevel-os* nos seus grupos particulares. Por ultimo, como é da mais alta conveniencia conhecer quaes os meios em que, na superficie da Terra, se desenvolvem, cumpre ainda estudar a sua *distribuição* e com ella as circumstancias caracteristicas dos ambientes em que existem. As sciencias, portanto, de que vamos occupar-nos, depois de se haverem elevado até um certo numero de altas e vastas generalisações ácerca do seu objecto particular, descem de lá e procedem a *classifical-os*, a *descrevel-os* e, finalmente, a registrar a sua *distribuição* no seio da natureza.

Estas operações são fundamentaes nas sciencias que nos occupam. Emquanto o geometra, ao estudar o calculo, determina relações quantitativas e transforma expressões analyticas e emquanto o astronomo, por meio de observações delicadas, fixa o conjuncto, tão abstracto e representativo, das massas celestes, o biologista e o mineralogista induzem e descrevem e classificam e registram, no vasto campo da natureza, os pontos diversos onde se encontram os mineraes e os sêres vivos; por isso, os grupos de noções que vão occupar-nos constituem outras tantas sciencias de «descripção e classificação».

Em face d'este caracteristico geral que as distingue, é fa-

cil comprehender-se a sua importancia *educativa*, e, portanto, quer as energias intellectuaes sobre que vão actuar, quer a maneira como as adaptam á acquisividade do saber. Naturalmente, são ellas as mais adequadas a desenvolver no alumno as aptidões descriptivas, as tendencias generalisadoras, o espirito de classificação e d'ordem. N'este ponto, differem consideravelmente de todas as sciencias anteriores; n'ellas, era principalmente o espirito de abstracção o que se desenvolvia; aqui, é o espirito de concretisação o que se affeiçôa. Assim, no vasto conjuncto d'um ensino verdadeiramente scientifico, ha evidentemente instrumentos aptos a transformarem todas as energias mentaes, factores capazes de modificarem todas as tendencias intellectuaes, agentes capazes de affeiçoarem todas as predisposições para a acquisividade do saber. Verdadeiramente *educativo*, só o é o ensino das sciencias; se os que proclamam o poder educativo das linguas sustentam a these contraria, é porque, desconhecendo a sciencia geral em todos os recessos da sua constituição, não podem apreciar o seu alto valor pedagogico como agente educativo das faculdades intellectuaes. Para o reconhecer em toda a plenitude, é necessario que o espirito do pedagogista se colloque n'essa alta situação mental a que só póde elevar-se um espirito possuidor de uma instrucção verdadeiramente encyclopedica; é necessario, com effeito, possuir o que ha de mais fundamental no saber humano, desde o alto calculo até aos confins da sociologia, para avaliar que diversissimas energias mentaes foi necessario pôr em acção, a fim de adquirir tão largo peculio scientifico e, portanto, para poder apreciar o seu alto valor educativo.

472.° Uma vez assente que as noções destinadas a constituirem o que ha de mais fundamental nas sciencias que presentemente nos occupam, são, a final, idéas ácerca dos attributos offerecidos á nossa contemplação pelos aggregados que lhes servem de objecto, é da mais alta importancia pedagogica indicar ao professor, d'uma maneira geral, quaes sejam esses pontos de vista; assim, terá elle, deante de si, como que um program-

ma por onde poderá dirigir-se e ao seu alumno na exposição, clara e nitida, d'estes ramos do saber humano.

Como organisal-o?

Vejamos.

Assim como os differentes ramos da dynamica téem para typo central o modêlo «astronomico», assim os differentes ramos da sciencia destinada a occupar-se da estructura do mundo téem por modêlo central o typo «biologico». D'esta maneira, póde dizer-se que dous grandes objectos dominam a contextura geral do nosso saber integral, que dous grandes grupos de noções se organisam, e que duas potentes assimilações mentaes se opéram. O leitor já teve occasião de vêr como, tomando para typo a constituição do grupo astronomico, a dynamica geral e a physica das massas ponderaveis e a electrologia, etc., tendiam a organisar-se, modelando-se pela sua contextura geral; pois, verá, em breve, como a mineralogia e a cosmographia e a sociologia, tomando para typo central a biologia, tentam actualmente coordenar-se conforme um tal modêlo. D'ahi vem até o encontrarem-se, na linguagem vulgar, expressões como estas: organismos sociaes, apparelhos de producção e distribuição, morphologia das linguas, a estructura morphologica dos mineraes, circulação do globo terrestre, etc., etc. É que, todo o nosso saber fundamental se organisa, segundo dous typos centraes: o nosso saber dynamico toma para modêlo o grupo constituido pela astronomia e dynamica celeste; o nosso saber ácerca da estructura do mundo toma para modêlo o typo biologico, e tende a constituir-se, imitando-o. Operando-se a acquisividade mental por meio de assimilações de umas noções a outras, é da mais alta importancia pedagogica ter a consciencia nitida das duas grandes assimilações que acabamos de indicar; por isso, insistimos n'ellas vivamente.

473.° Em virtude das considerações anteriores, é evidente que o conjuncto geral de pontos de vista sob os quaes um dado aggregado se nos apresenta, hade ir constituir-se derivando-o da contemplação dos aggregados biologicos na plenitude do seu

desenvolvimento; depois, uma vez constituido, il-o-hemos applicando aos aggregados moleculares e celestes e mineralogicos, modificando-o conforme as suas naturezas especiaes, ajustando-o a elles mais ou menos conforme se approximarem ou affastarem do typo central.

Em certos casos, como, por exemplo, na chimica, muitos dos pontos assim constituidos faltarão; n'outros, como na sociologia, existirão em toda a plenitude: mas isto mesmo servirá ao professor e ao alumno para aquilatar as similhanças e differenças que approximam ou affastam do typo central as sciencias de que se trata.

Posto isto, passemos a determinar esses pontos de vista, synthetisando-os n'um quadro geral.

Todos os aggregados resistentes que, no universo, se nos apresentam, podem considerar-se sob dous pontos de vista: sob o ponto de vista da *causa* que os produz e sob o ponto de vista de elles *em si proprios*. A causa que os produz, é sempre uma resultante final que em si condensa, quer as forças interiores de que o aggregado deriva, quer as forças do «meio» em cujo seio vem a realisar-se o seu desenvolvimento. E, pois que uma tal causa geradora vem, a final, a reduzir-se a forças e movimentos, o conjuncto geral da dynamica, tal como foi apresentado ao alumno, constitue uma introducção forçada e essencial ao estudo que vae fazer ácerca dos aggregados — effeitos evidentes d'esse conjuncto de energias de que se occupa a dynamica.

Pondo de lado as energias de cuja influencia combinada derivam, como effeitos, os aggregados existentes na natureza, passèmos a indicar os pontos de vista geraes que, em si, podem offerecer-nos. Naturalmente, por pouco que se analysem, revelam-nos, desde logo, dous pontos de vista fundamentaes: ou havemos de olhal-os «n'um dado momento da sua existencia», a qual póde ser a da plenitude do seu sêr, ou havemos de olhal-os «no seu desenvolvimento». Considerando-os sob o primeiro aspecto, dous novos pontos de vista nos offerecem,

derivados das duas grandes idéas fundamentaes de «espaço» e de «movimento»: um, é o ponto de vista *estatico;* o outro, é o ponto de vista *dynamico.* No primeiro caso, os sêres apresentam-se-nos sob o aspecto de coexistencias que se revelam a nós como possuidoras d'uma certa *fórma* e d'uma certa *estructura:* a fórma, dependendo da disposição tomada pelos elementos que limitam o aggregado, isto é, que o separam das regiões contiguas do espaço em que existe; a estructura, dependendo, quer da natureza dos elementos que o formam, quer da redistribuição d'esses elementos na massa do corpo. No segundo caso, isto é, pelo lado dynamico, o aggregado póde considerar-se: ou como uma «massa», e, então, é apenas um movel, tal como o consideramos em todos os capitulos da dynamica, ou como um «meio» em cujo seio vão redistribuir-se movimentos e energias de diversa fórma, podendo, em tal caso, o aggregado apresentar-se-nos como a séde de combinações dynamicas de todas as ordens, desde as que produzem a luz polarisada até ás que, nos animaes, se nos revelam como funcções physiologicas.

Consideremos, agora, os aggregados sob o seu segundo grande aspecto fundamental, isto é, nas variações que, de momento para momento, nos offerece o seu desenvolvimento.

Taes variações podem realisar-se, quer nos elementos estaticos, quer nos elementos dynamicos: sob o ponto de vista estatico, ha a considerar as variações na «quantidade» e «qualidade» dos elementos componentes, o que póde arrastar comsigo uma integração ou uma desintegração de materia, conforme as variações forem crescentes ou decrescentes, e ha a considerar, dando origem ás estructuras, as variações na fórma e redistribuição dos elementos de que o aggregado se compõe — o que poderá arrastar uma differenciação ou indifferenciação, conforme a redistribuição estructural tender para a heterogeneidade ou homogeneidade; sob o ponto de vista dynamico, póde o aggregado apresentar grandes variações nas suas energias interiores, augmentando ou diminuindo ou modificando-se nas suas forças intimas.

Da combinação das variações estaticas com as variações dynamicas, resultará o seguinte: se no aggregado houver integração crescente na quantidade dos elementos materiaes que se associam para o constituirem e redistribuição progressiva d'esses elementos e diminuição na quantidade dos movimentos que tendem a desaggregal-o, elle passará do indefinido e homogeneo e incoherente ao definido e heterogeneo e coherente, progredirá em integração de massa e differenciação de estructura, isto é, realisará o que denominamos UMA EVOLUÇÃO; se, pelo contrario, houver no aggregado desintegração progressiva de materia e redistribuição decrescente nos elementos estructuraes e augmento na quantidade dos movimentos que conduzem á desaggregação, elle passará do definido e heterogeneo e coherente ao indefinido e homogeneo e incoherente, isto é, realisará o que se denomina a sua DISSOLUÇÃO. Se esta é total e se opéra nos sères vivos, produzir-se-ha a morte; se é parcial, póde haver a «genese», isto é, essa operação pela qual o sêr vivo desintegra de si uma pequena parte, muito mais homogenea e indifferenciada do que o é o proprio sêr que lhe deu origem.

Além de os considerarmos sob estes diversos aspectos, ainda os sères podem olhar-se em relação uns aos outros, originando-se, assim, as variadas classificações que a sciencia registra.

Em summa, são estes os aspectos fundamentaes sob os quaes, pedagogicamente, podem ser considerados os aggregados, objecto das sciencias de que presentemente nos occupamos. Nos mais complexos, ha, evidentemente, attributos correspondentes a todos os pontos de vista que deixamos indicados; nos que o são menos, muitos d'elles hãode faltar: nem por isso a synthese de que se trata, apresentada ao professor como uma grande generalisação pedagogica e systematisadora, deixará, porém, no futuro, de nos prestar valioso auxilio. N'um tratado de pedagogia, deve principalmente haver em vista fundir, por meio de analogias, noções que parece não revelarem entre si relação alguma de similaridade; a analogia e a assimi-

lação, são, com effeito, os grandes e poderosos instrumentos do ensino, pois que assimilar é organisar, e organisar é, a final, instruir.

A fim de que o leitor adquira uma idéa clara do conjuncto geral que, nas suas relações, offerecem taes categorias logicas e pedagogicas, categorias que, mais tarde, applicará á biologia, á mineralogia, á sociologia, etc., eis a sua coordenação no seguinte quadro:

OS AGGREGADOS deverão considerar-se

- Sob o ponto de vista da CAUSA que os produz, a qual se concretisa, em torno d'elles, sob a fórma d'um MEIO ambiente; considerando
  - A COMPOSIÇÃO do meio.
  - A ACÇÃO do meio.
- Sob o ponto de vista do PRODUCTO, isto é, do aggregado em si; quer
  - N'um dado MOMENTO da sua existencia; considerando-os
    - Sob o ponto de vista ESTATICO, isto é, como um conjuncto de elementos coexistentes. N'este caso deverá attender-se
      - Aos elementos em si.
      - Aos elementos ASSOCIADOS, e, portanto, apresentando
        - Uma FÓRMA, que dependerá da disposição dos elementos limitantes.
        - Uma ESTRUCTURA, que dependerá da *redistribuição* homogenea ou heterogenea d'esses elementos, sua natureza e fórma.
    - Sob o ponto de vista DYNAMICO, isto é, como um conjuncto de energias ou movimentos coexistentes. N'este caso deverá attender-se
      - Ao aggregado na sua TOTALIDADE como subjeito á acção das energias exteriores.
      - Ao aggregado como MEIO em cujo interior se redistribuem energias sob a fórma de
        - Energias que tendem a produzir a RIGIDEZ ou DESAGGREGAÇÃO do aggregado (affinidades, cohesões, etc.)
        - Energias que, no seu interior, se manifestam sob outras fórmas.
  - Quer nas VARIAÇÕES por que passa, de momento para momento na sua genese e desenvolvimento, podendo tender para a sua *evolução* ou *dissolução*
    - Ou se produzam nos elementos ESTATICOS
      - Nos elementos EM SI: na *quantidade*, quando para mais—integração, quando para menos—desintegração; na qualidade d'elles, variações na homogeneidade da estructura, etc.
      - Nos elementos ASSOCIADOS: quer na fórma, quer na disposição, quer na distribuição, etc.
    - Ou se produzam nos elementos DYNAMICOS
      - Quer na QUANTIDADE das energias.
      - Quer na sua natureza ou QUALIDADE.

474.º A fim de tornarmos mais comprehensivel o quadro anterior, elucidemol-o com alguns exemplos.

Por o que respeita aos «meios ambientes» em que os aggregados estacionam ou se desenvolvem, são variadissimos: ha-os mineralogicos, como os ha biologicos ou sociologicos. Esta noção é, hoje, tão vulgar que não merece a pena insistir n'ella.

A «fórma» dos sêres é um elemento importante e de valor. Nos aggregados organisados é ella muito mais variada do que nos inorganicos. O volvox é globuloso; os sacrosporidos téem a fórma de saccos ovoides; as aurelias offerecem-nos o aspecto d'uma umbella transparente.

As estructuras são de alta importancia em toda a série dos aggregados, organicos ou inorganicos. Os mineraes apresentam-nol-as muito variadas: ha-os de estructura prismatoide, granular, lamelar, etc. Nos animaes, cresce ella em complexidade quanto mais avançam na escala zoologica: e, assim, as amibas são apenas uma massa granulosa; as gregarinas, mostram já essa massa differenciada em porção interior e exterior ou cortical; os foraminiferos, patenteiam-nos a porção cortical transformada em carapaça, como acontece, por exemplo, na *lieberkühnia wagneri;* nos espongiarios, ha cavidades gastricas, um orificio servindo de bocca, muitos orificios lateraes, etc., etc.

E tudo isto depende de uma redistribuição maior ou menor, de mais ou menos variedade nos elementos componentes, etc., etc.

São igualmente variadas as manifestações de energia de que, sob o ponto de vista dynamico, um aggregado póde ser séde. Assim, a phosphorescencia é um phenomeno de redistribuição de energia, que n'elles se produz sob a fórma de vibrações luminosas; o gymnota, é um aggregado, em cujo seio se redistribue uma grande porção de energia electrica; as combinações entre o oxygenio e o hydrogenio ou o carbonio, realisadas no interior do organismo, são outras tantas manifestações de energia que, sob a fórma de affinidades chimicas, se produzem ou destroem; os mineraes, offerecem bellos exemplos de redistribuição de energia, de que é séde o interior da sua massa, no brilho, na côr, no asterismo, etc.; o nosso proprio globo, pa-

tenteia-se-nos como um grande aggregado, em cujo seio circulam essas vastas ondas electricas que tão intensa influencia exercem sobre as bussolas.

As variações que, por outro lado, se dão, com o decorrer dos tempos, na massa dos aggregados, são faceis de comprehender. Assim, no homem, por exemplo, se ha variação para mais na quantidade dos elementos materiaes que o formam, a sua massa póde augmentar pela integração de novas massas; se, ao mesmo tempo, a estructura de homogenea vae passando a heterogenea, opéra-se n'elle uma verdadeira differenciação estructural, a qual se traduzirá aqui na formação de musculos, acolá na constituição d'um systema osseo, etc., etc.; se, ao mesmo tempo que a estructura se complica e a massa augmenta, véem a modificar-se os movimentos interiores, as funcções variarão, tornando-se mais ou menos complexas. Muitas vezes, n'um aggregado, póde diminuir a integração da materia e augmentar a absorpção de movimento interior; e, então, manifestar-se-ha um desequilibrio que póde ir até á dissolução do aggregado: outras vezes, póde augmentar a integração de materia e diminuir a absorpção de movimento interior; e, então, produzir-se-ha um equilibrio bem accentuado, o aggregado avançará em desenvolvimento, e passará, finalmente, por o que denominamos uma «evolução». As transformações por que deveram passar as nebulosas até se differenciarem n'um sol central e em planetas circulando em torno d'elle, são exemplo vivo d'estas noções. Na larga série dos tempos, a materia existe em estado diffuso; depois, o movimento interior vae-se dissipando e a materia vae-se, portanto, integrando de modo que a massa cosmica, passando por estas phases, avança, atravessando essa larga evolução que vae até á formação dos systemas solares. Se um dia, com o perpassar dos seculos, as massas planetarias vierem a tombar no centro da nebulosa primitiva, haverá nova absorpção de calor e desintegração de materia; e, então, toda a massa passará novamente por uma longa série de phases, que constituirão a sua dissolução.

Taes são os exemplos com que nos parece dever esclarecer o conjuncto geral de pontos de vista que, no quadro anterior, acabamos de indicar.

Posto isto, só nos resta applical-o aos differentes aggregados resistentes, considerando-os na ordem da sua abstracção decrescente, pois que é essa a ordem de successão que convem, conforme as nossas conclusões anteriores, á indole da instrucção secundaria. Assim, occupar-nos-hemos: dos aggregados moleculares, objecto da chimica; dos aggregados mineraes, objecto da mineralogia; dos aggregados cosmicos, objecto da cosmologia; dos aggregados vivos, objecto da biologia; e, finalmente, do homem e dos aggregados sociaes, objectos da anthropologia e sociologia.

Ao applicarmos a estes differentes aggregados as categorias logicas que acabamos de indicar, notaremos que lhes vão sendo tanto mais applicaveis quanto mais elles vão progredindo em complexidade; e, assim, nos aggregados moleculares faltarão alguns pontos de vista, serão mais numerosos nos mineraes, sel-o-hão mais ainda nos aggregados celestes, attingindo, finalmente, toda a plenitude da sua applicação nos sêres vivos e aggregados sociaes.

D'esta maneira, o leitor convencer-se-ha, pela ordem systematica que introduzem nas idéas do alumno, quanto é grande o auxilio que uma tal coordenação pedagogica póde prestar á difficil e árdua tarefa do ensino, ao penetrarmos nas sciencias que, presentemente, vão occupar-nos.

CAPITULO I

A CHIMICA

Objecto da chimica. — Limites do ensino da chimica na instrucção secundaria. — Relações entre o ensino da chimica na instrucção primaria e secundaria. — Apresentação pedagogica da série de raciocinios, destinados a provar a existencia da molecula e átomo.— Analyse geral dos aggregados moleculares: o meio chimico; a estructura molecular; o pezo molecular e atomico; o calor atomico; atomicidades; etc. — Designação graphica dos systemas moleculares. — Descripção dos systemas moleculares.

475.° A chimica é a sciencia que se occupa do mais abstracto de todos os aggregados que compõem o mundo estructural, isto é, a «molecula». Tomando-a para objecto das suas noções, estuda-a pelo lado da ponderabilidade, da estructura, das energias que no seu seio se desenvolvem, de todos os aspectos, em summa, que, no nosso quadro de categorias, anteriormente estabelecemos. A molecula é, com effeito, um verdadeiro « aggregado concreto », como são os mineraes e os vegetaes e as sociedades humanas; é uma coexistencia constituida pela associação de elementos mais simples, um concreto composto de abstractos. Como a biologia ou a sociologia, a sciencia que a tomar por objecto hade ser um complexo concreto de noções, racionaes e empyricas. Que nós saibamos, é, em verdade, a primeira vez que, n'um trabalho de synthese, se classifica a chimica como sciencia concreta; os pensadores que, como Spencer ou Bain, se teem occupado de coordenar os nos-

sos conhecimentos fundamentaes, designam-na como abstracto-concreta ou como abstracta. Este modo de vêr, é evidentemente erroneo. Desde que a moderna theoria atomica veio crear á concepção molecular uma base racional e indiscutivel, a chimica é a sciencia da molecula, e, portanto, d'um aggregado concreto, e, finalmente, uma sciencia concreta. Se a compararmos com as sciencias que, na hierarchia geral dos nossos conhecimentos, lhe ficam subordinadas, a chimica é, em relação a ellas, evidentemente mais abstracta, ou, servindo-nos de uma expressão que anteriormente definimos, mais geral; esta propriedade não é, porém, privativa do grupo de noções que nos occupa, mas deve antes considerar-se como applicavel a *todas* as sciencias, quando as olhamos nas relações hierarchicas que entre si devem guardar. Cada um dos grupos do nosso saber fundamental é, com effeito, mais geral do que os que lhe estão subordinados e menos do que todos quantos se apresentam como superiores; a chimica hade, portanto, ser uma sciencia mais geral do que a mineralogia ou a biologia e, assim, mais abstracta em relação a ellas, mas hade ser menos geral em relação a qualquer dos ramos da dynamica, dos quaes evidentemente depende. Ora, uma tal propriedade não obsta, em todo o caso, a que deva considerar-se como uma sciencia verdadeiramente concreta, pois que, embora seja de todas a mais abstracta, occupa-se, comtudo, de aggregados concretos.

476.° A chimica apresenta-nos o espectaculo d'uma vastidão verdadeiramente assombrosa; só á sua parte, são em numero verdadeiramente indefinido os systemas moleculares que a chimica do carbonio póde determinar e caracterisar nas suas propriedades. Se da chimica theorica—unica que aqui consideramos, descemos até á chimica applicada, dadas as suas numerosas relações com a agricultura e a industria e as diversas sciencias de applicação, póde quasi affirmar-se que uma tal sciencia não tem limites. Ora, a ser assim, é indispensavel fixar o circulo destinado a definir o conjuncto geral de noções chimicas que devem constituir o objecto da instrucção secundaria.

Primeiramente, este ramo da nossa instrucção encyclopedica só póde evidentemente admittir uma chimica puramente «theorica». Depois, estando estabelecido que o ensino médio visa a offerecer ao alumno a noção geral e scientifica da dynamica e estructura do mundo, sendo os systemas moleculares um elemento fundamental da estructura do universo, claro é que deverão constituir, no ensino, um objecto fundamental d'esse ensino. Cumpre, porém, observar que ha duas ordens de systemas moleculares; uns, que apenas são produzidos no laboratorio da natureza; outros, que o podem ser artificialmente pelas mãos do homem.

Ora, dado o objectivo do ensino médio, tudo conduz a admittir que, no seu seio, a chimica deverá, tanto quanto possivel, restringir-se a apresentar ao alumno apenas os systemas moleculares que, sob a acção das forças «naturaes», se produzem. Muitas vezes será, em verdade, necessario sahir para fóra do circulo assim traçado; cumpre, porém, observar que os systemas moleculares «naturaes» serão sempre o objectivo fundamental d'um ramo de ensino, essencialmente theorico e geral e integral e, finalmente, destinado, conforme a nossa concepção pedagogica, a apresentar principalmente ao alumno o espectaculo, grandioso e philosophico, das estructuras naturaes.

Assim limitada, a chimica, na instrucção secundaria, será constituida por um complexo de noções bem definido, preciso e perfeitamente em harmonia com o fim geral que lhe assignalamos.

477.° Traçados, assim, os limites dentro dos quaes deve conter-se, cumpre recordar ao leitor as considerações que anteriormente fizemos ácerca do ensino da chimica empyrica, no periodo da instrucção primaria.

Este ramo do nosso ensino geral, preparou, com effeito, o nosso alumno para, d'um modo altamente racional, poder penetrar nas regiões, bem mais elevadas, da chimica representativa ou scientifica de que presentemente nos occupamos (§ 268.° e seg.) Assim, lá tivemos occasião de lhe apresentar, não a

molecula em si — pois que isso seria offerecer á sua contemplação o *representativo,* mas as « massas de moleculas », chamando-lhe a attenção para as propriedades « physicas » pelas quaes se nos revelam, isto é, para o seu aspecto *empyrico;* e, por isso, elle decompôz, recompôz e caracterisou essas massas pelo lado das suas applicações uteis. Toda esta larga base experimental, foi coroada pela apresentação das « leis das combinações », factos brutos, relações experimentaes e presentativas, sobre as quaes vae, agora, erguer-se o complexo geral de concepções, representativas e racionaes, destinadas a constituirem a chimica scientifica.

Entre as noções que constituiram a chimica da instrucção primaria e as noções que constituem a chimica da instrucção secundaria ha, pois, uma relação intima e os dous grupos de noções completam-se e integram-se: na instrucção primaria, offerecemos ao alumno a contemplação dos corpos chimicos, isto é, de massas de moleculas, sob o seu aspecto experimental e, portanto, como objectos presentativos destinados a darem origem a noções empyricas; na instrucção secundaria, vamos apresentar-lhe a molecula em si, e, portanto, um objecto representativo, destinado a dar origem a noções puramente racionaes. Assim, n'um systema pedagogico, rigoroso e solidamente organisado, todos os elementos se integram e completam, constituindo, no conjuncto, um todo bem ordenado e perfeito.

478.º Desde que o objecto a apresentar ao alumno, no ensino da chimica, vae, presentemente, ser a molecula, cumpre, primeiro que tudo, conduzil-o de maneira que da analyse dos factos empyricos o seu espirito se eleve até á concepção da sua existencia real, — como sendo um « aggregado de átomos »; sem elle mesmo se convencer de que é real e não ficticia a existencia do objecto que presentemente o occupa, não póde racionalmente occupar-se das suas propriedades.

Em verdade, ao occuparmo-nos da dynamica molecular (432.º) já indicamos, a titulo de introducção, como é que no espirito do alumno deveria crear-se uma tal concepção; e, n'um

systema pedagogico rigoroso, só haverá agora a considerar como é que, admittida a realidade da molecula, é possivel elevarmo-nos até a concebermos como sendo um «aggregado de átomos». Ora, a razão por que, na nossa concepção, apparecem separados estes dous pontos de vista, é evidente: ao entrarmos na dynamica molecular, só precisavamos de offerecer á contemplação do alumno a molecula como uma unidade indecomponivel, isto é, como uma *massa* que se move; no momento actual, é indispensavel offerecer-lh'a como um todo decomponivel em átomos, isto é, como um *aggregado* estructural que se decompõe e recompõe. Lá, portanto, bastou elevarmo-nos até a simples concepção da molecula; aqui, cumpre que nos elevemos até á concepção do elemento componente da molecula, isto é, do átomo. Em summa, como já fizemos anteriormente vêr, a série de raciocinios, destinados a racionalisarem a concepção da molecula e do átomo, deverá dividir-se em dous grupos; um, destinado ao primeiro fim, servirá de introducção á dynamica molecular; outro, destinado ao segundo, será a introducção natural da chimica theorica e scientifica. É d'esta segunda parte que vamos, presentemente, occupar-nos; convindo, porém, não separar noções que, nos livros de ensino, andam constantemente ligadas, iremos tocando, embora de leve, nas noções que sobre um tal objecto anteriormente apresentamos.

479.° A série de raciocinios, destinados a elevar o espirito do alumno até á concepção da existencia da molecula e do átomo, póde apresentar-se-lhe *á posteriori* e *á priori:* no primeiro caso, subirá do conjuncto de factos a que denominamos «leis das combinações» até á concepção do átomo; no segundo caso, partindo da existencia do átomo caracterisado por certas propriedades, descerá até explicar por via d'ellas os factos empyricos que lhe serviram de ponto de partida. O professor, a fim de dar todo o rigor aos seus raciocinios, deverá, cremos nós, seguir ambas estas veredas; uma virá, com effeito, comprovar a outra.

Naturalmente é *á posteriori* que primeiramente se lhe deve

apresentar tão interessante problema. Os factos empyricos que hãode servir ao alumno de ponto de partida, são, por demais, conhecidos do leitor; são, como dissemos, as leis das combinações. Ao apresental-os de novo ao alumno, convirá, primeiramente, chamar-lhe a attenção para o facto mesmo da combinação, definindo-o pelas propriedades que o caracterisam. Estas são bem conhecidas, pois que a combinação é, com effeito, um facto chimico de que resulta um producto definido possuindo propriedades differentes das dos componentes e homogeneo na sua composição, etc.

São já conhecidas do leitor algumas das leis a que um tal facto, na sua realisação, está subjeito: a primeira relaciona, por equivalencia, a ponderabilidade d'um composto com a ponderabilidade dos componentes; a segunda é uma relação de permanencia, destinada a fixar as quantidades ponderaes que se combinam, de maneira que, emquanto aquella fixa as quantidades que se combinam para um dado momento, esta fixa-as para todos os momentos de tempo; a terceira define, ainda, a relação de ponderabilidade em que os corpos se combinam entre si, de maneira que, como as quantidades a combinar nos apparecem fixas, denominando-as «equivalentes», é possivel estabelecer processos para os calcular — processos que, n'este logar, o professor não deixará de apresentar; a quarta relação tem por objecto induzir d'um facto de ponderabilidade a propriedade da «divisibilidade», da qual resultará a necessidade de admittir a existencia do aggregado representativo que denominamos «molecula»: estas quatro relações constituem, pois, uma introducção racional á dynamica molecular, e, por isso, d'ellas nos occupamos n'essa parte da nossa systematisação geral.

Uma vez admittida a molecula como um objecto, representativo sim, mas real e não ideal, cumpre apresentar ao alumno a série de raciocinios por via dos quaes dos factos empyricos nos elevemos até a concebermos como um «aggregado» de átomos.

É o que vamos fazer.

480.º O facto que serve de base empyrica a esta grande inducção é devido ao celebre Gay-Lussac, e é, na sciencia, conhecido pela denominação de « lei dos volumes ».

Póde formular-se assim:

a) Os volumes de gazes que se combinam estão, entre si, n'uma razão simples;

b) A somma dos volumes dos componentes e o volume do composto estão, entre si, em razão simples.

Estas relações empyricas de equivalencia volumetrica, só de per si não viriam lançar grande luz na estructura intima da molecula; é necessario, portanto, combinal-as com novos factos de experiencia, a fim de podermos elevar-nos até á concepção da verdadeira estructura dos aggregados moleculares: ora, nota-se que os gazes, á mesma temperatura e fusão, se dilatam segundo o mesmo coeficiente—o que equivale a terem a mesma força elastica; dependendo uma tal força da pressão exercida nas paredes dos vasos pelas moleculas do todo gazoso, como, por outro lado, podem considerar-se iguaes as distancias entre ellas, de tudo se poderá concluir—que, sob volumes iguaes, todos os gazes têem o mesmo numero de moleculas.

Esta inducção experimental, conhecida pelo nome de «principio de Avogrado», é, como se vê, uma illação, derivada, tanto quanto possivel, dos factos.

Pondo de parte a maneira como a philosophia critica poderá apreciar uma tal illação, é certo que bastará offerecer ao alumno esta e as duas conclusões anteriores, para facilmente o elevar até á necessidade de admittir a existencia do átomo.

Para maior clareza, consideremos, com effeito, um exemplo particular.

Supponham-se 2 volumes de hydrogenio e 1 de oxygenio; combinando-se, produzirão 2 volumes de agua. Ora, tomando em mão este facto empyrico e combinando-o com a conclusão de Avogrado, induziremos o seguinte:

a) Que, havendo o mesmo numero de moleculas nos vo-

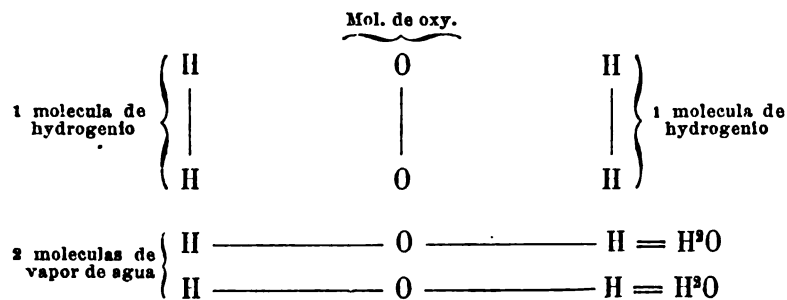
lumes iguaes de gazes que se combinam, é perfeitamente logico suppôr que, tanto valerá combinar uma massa de moleculas de oxygenio com duas massas de moleculas de hydrogenio—todas iguaes entre si, como combinar 2 moleculas de hydrogenio com uma de oxygenio, pois que, procedendo assim, apenas teremos dividido os tres volumes iguaes de gazes pelo numero das moleculas que contam — numero igual em todos esses volumes, conforme a conclusão de Avogrado;

b) Que, em tal caso, quem combina 2 volumes de hydrogenio com 1 de oxygenio para obter 2 volumes de vapor de agua, procede como quem combinasse 2 moleculas de hydrogenio com 1 de oxygenio para obter 2 moleculas de vapor aquoso;

c) Que, em tal caso, será necessario encontrar uma explicação racional para a seguinte relação:

2 moleculas de hydrogenio + 1 molecula de oxygenio = a 2 moleculas de vapor aquoso. Levado o espirito do alumno até esta conclusão, como poderá elle, deixando de pé os factos, explicar que 2 + 1 = 2?

Só o poderá conseguir, admittindo que «as moleculas estão divididas em partes mais pequenas», a que poderá chamar *átomos*. Então, tudo se explicará, como é facil de vêr pelo seguinte schema:

		Mol. de oxy.		
1 molecula de hydrogenio	H	O	H	1 molecula de hydrogenio
	|	|	|	
	H	O	H	
2 moleculas de vapor de agua	H ———	O ———	H	= H^2O
	H ———	O ———	H	= H^2O

Vê-se claramente que o unico meio de explicar os actos é suppôr cada uma das moleculas de hydrogenio e oxygenio di-

vididas em duas partes mais pequenas ou átomos; só, então, assim divididas, poderão fornecer as tres partes de que se compõem as duas moleculas de vapor aquoso. D'esta maneira, o alumno, da existencia real da molecula passará á existencia do átomo, e a molecula deixará de ser, como na dynamica, uma simples massa indivisivel, para se tornar n'um *aggregado,* composto de elementos mais simples. Tal é, nas suas grandes linhas, a série de raciocinios por via dos quaes, *á posteriori,* se estabelece a existencia da molecula como aggregado.

481.º Se, até aqui, partimos dos factos empyricos até nos elevarmos á concepção do átomo, cumpre que, agora, procedendo *á priori,* desçamos da concepção do átomo até aos factos.

Para o conseguir, o alumno deverá tomar para ponto de partida as propriedades dos átomos e, por via d'ellas, explicar os factos empyricos e phenomenaes, taes como os que se nos manifestam nas leis das combinações. Suppondo, portanto, que a materia não é divisivel até o infinito, mas que nos apresenta como unidades indecomponiveis os átomos, suppondo que os átomos são, por seu turno, indivisiveis e intangiveis e com um pezo determinado e constante, suppondo que, tendo elles a propriedade de mutuamente se attrahirem, se «justapõem» para realisarem as suas combinações chimicas, deduzir-se-hão, como conclusões, os factos empyricos que serviram anteriormente de base aos nossos raciocinios. Com effeito, se o pezo dos átomos para cada substancia é invariavel, tambem o das moleculas o será; logo, em taes circumstancias, o pezo d'um composto será sempre equivalente á somma dos pezos dos componentes. Se, por ventura, são indivisiveis e constantes em pezo, para combinarmos com um dado pezo d'um corpo quantidades ponderaveis e variaveis d'outros corpos haverá necessidade, para o conseguir, de realisar as combinações em proporções multiplas; logo, a lei em questão surgirá, *á priori* demonstrada. E assim por diante. Tal é, na sua essencia, a parte da theoria atomica que tem por objecto estabelecer, d'uma maneira racional, a existencia da molecula como um aggregado de átomos. Apre-

sentada, d'um modo lamentavelmente confuso, nos livros de ensino, ella, que é aliás simples, torna-se complicada para os principiantes, não pelas difficuldades intrinsecas, mas pela insufficiencia pedagogica da fórma sob que lh'a offerecem.

482.º Desde que para o alumno é um facto indiscutivel a existencia da molecula como um aggregado de átomos, seguese conduzil-o de modo que passe a *descrever* a molecula, auxiliando-se o professor para isso do quadro de categorias por nós anteriormente indicado.

Naturalmente, a chimica theorica hade considerar-se como geral e como especial: na geral, haverá a descrever a molecula, considerada na sua «generalidade»; na especial, haverá a descrever os systemas particulares que, reduzidos a grupos segundo uma dada classificação, se nos apresentam na natureza. Para já, cumpre-nos, portanto, tratar da molecula em geral, isto é, sem referencia ás moleculas d'esta ou d'aquella especie de corpos.

Seguindo o nosso quadro de categorias (473), a primeira noção que se nos apresenta é a do «meio» chimico.

Que deverá entender-se por meio chimico?

O meio chimico hade naturalmente ser composto pelo conjuncto de energias que, n'um dado momento, são capazes de produzir a formação ou decomposição d'um systema molecular. Em todas as chimicas elementares hade o leitor encontrar esta importante noção, embora desacompanhada de qualquer idéa philosophica; deve, com effeito, considerar-se como tal o conjuncto de energias a que os livros de chimica denominam «influencias, nas combinações chimicas, da força catalytica e da electricidade e do calor e da massa dos corpos, etc.». O que são, em verdade, taes influencias senão um verdadeiro meio chimico, sob a acção de cujas energias se realisam as combinações e decomposições dos corpos? Todas as fórmas de energia que estudamos na dynamica, podem, isoladas ou combinadas, constituir um ambiente favoravel ás combinações ou decomposições moleculares. Assim, sob a fórma de calor, fa-

vorecem, por exemplo, a combinação do enxofre com o ferro; sob a fórma d'um raio de luz violeta, auxiliam a combinação do hydrogenio com o chloro; sob a fórma de electricidade, produzem a combinação do carbonio e hydrogenio; etc., etc.

483.° Apresentada ao alumno a noção do meio chimico, segue-se iniciar immediatamente a descripção do effeito resultante d'esse meio como causa, isto é, das moleculas que, sob a sua influencia, se produzirão. E aqui será, então, occasião de se notar qual a rigorosa subordinação em que está a chimica para com o conjuncto geral da dynamica; se a molecula é, com effeito, uma resultante das energias dynamicas, que mais evidente subordinação póde haver?

Iniciando a descripção das moleculas, cumpre naturalmente começar pelos seus elementos, isto é, pelos átomos, e, então, serão elles apresentados com todas as suas propriedades caracteristicas e fundamentaes.

Depois do átomo, ha a considerar, nos aggregados que nos occupam, o ponto de vista estatico ou o ponto de vista dynamico.

Comecemos pelo ponto de vista estatico.

Naturalmente, é a «fórma da molecula» que primeiro se nos apresenta, isto é, o modo de ser que a reveste, dependendo da justaposição dos átomos limitantes.

N'este ponto, a sciencia pouco tem adiantado. Para determinar uma tal noção, seria preciso penetrar no intimo mesmo da molecula e, assim, determinar a posição que, no aggregado molecular, tomam os átomos componentes; ora, isto é extremamente difficil. Quando muito, parece haver-se adiantado, n'este sentido, alguma cousa por o que se refere á molecula da benzina; n'este corpo, que se representa pela fórmula $C^6 H^6$, parece, com effeito, cada átomo de hydrogenio estar ligado a um átomo de carbonio, constituindo um grupo CH. Por menos, é o que parece deduzir-se da transformação da acetylena em benzina por simples augmento de calor. Os chimicos admittem

varias disposições para os grupos CH, taes como a hexagonal, a prismatica, etc.

Depois da fórma dos aggregados moleculares, vem a «estructura».

Sob este ponto de vista, o alumno terá a considerar: a estructura homogenea, quando a molecula do corpo fôr constituida por átomos similares, o que se dará, por exemplo, na molecula de hydrogenio, que é, como sabemos, formada por dous átomos d'este corpo: a estructura heterogenea, quando os átomos forem de differente natureza, como acontece a uma molecula de qualquer corpo composto.

O ponto de vista morphologico ou estructural, na sciencia que nos occupa, é, evidentemente, o mais pobre. Para se adquirirem noções n'este campo, seria necessario que os factos nos auxiliassem a penetrar mais profundamente na constituição das moleculas, o que infelizmente não se dá. Não póde, comtudo, negar-se que a chimica, tendendo a dirigir-se n'este sentido, algumas conquistas realisará.

484.º Depois do ponto de vista estatico, segue-se o ponto de vista «dynamico».

E, n'este caso, cumpre, primeiro que tudo, considerar, em harmonia com o nosso quadro geral de categorias (473), o aggregado molecular como devendo ser uma totalidade subjeita á acção dynamica das energias exteriores; ora, como tal, apresenta-se-nos elle, se considerarmos as moleculas como «massas sobre as quaes actua a resultante da gravidade», isto é, como massas ponderaveis. A noção que d'um tal ponto de vista deriva para o alumno, é altamente importante e costuma apresentar-se nos livros de chimica, ao tratar-se do que diz respeito aos «pezos moleculares».

Determinar um pezo molecular é, com effeito, considerar uma molecula como massa ponderavel e fixar numericamente a resultante das acções que sobre ella exerce a gravidade, comparando-a com a resultante de uma tal acção, quando exercida sobre outra molecula que se toma para termo de comparação.

Do que havemos dito segue-se, pois, que é aqui o momento pedagogico de apresentar ao alumno a noção, aliás tão importante, de pezos moleculares.

Ao pretendermos determinal-os, apparecem-nos dous casos: n'um, o corpo cujo pezo molecular se deseja determinar é volátil; n'outro, não é volatil.

Analysaremos apenas o primeiro caso, que é o fundamental; qualquer livro de chimica iniciará o leitor em relação ao segundo.

O processo por via do qual os chimicos conseguiram determinar o pezo da molecula d'um corpo, é simples: consiste essencialmente, fundados nos principios de Avogrado e Gay-Lussac, em passarmos das relações ponderaes estabelecidas entre duas *massas* de moleculas sob volumes iguaes para as relações ponderaes a estabelecer entre duas *moleculas* d'essas massas. Não podendo, com effeito, deixar de se admittir, em virtude d'aquelles dous principios, que, sob os mesmos volumes e á mesma temperatura, duas massas de gazes contéem o mesmo numero de moleculas, haverá fatalmente de se concluir que os pezos relativos das duas massas gazosas hãode ser «proporcionaes» aos pezos relativos de duas moleculas n'ellas contidas; ora, a ser assim, tomando para unidade de pezo uma das massas e, por seu turno, tomando igualmente uma das moleculas, o quociente obtido ao dividirem-se os pezos das duas massas gazosas será igual ao quociente que obteriamos ao dividir os pezos das duas moleculas, se fôra possivel realisar directamente um tal facto de ponderabilidade: assim, pela relação entre os pezos das massas — unica que é possivel obter-se, somos conduzidos até determinarmos a relação entre os pezos das moleculas, isto é, entre os pezos de dous aggregados verdadeiramente representativos e conceptuaes.

Tomando para unidade o pezo da molecula de hydrogenio, é possivel determinar, por este meio, os pezos das moleculas que se nos offerecerem. Se fôr o átomo de hydrogenio o que se tome para unidade, como cada molecula d'este gaz se compõe de

dous átomos, será indispensavel «duplicar» os quocientes, obtidos quando apenas se tomou para unidade a propria molecula; isto é, para o não alterar, modificar o quociente em ordem a tornal-o duas vezes maior, visto que duas vezes maior se tornou a quantidade que serve de divisor, o que influiria no resultado, tornando-o duas vezes menor.

Os chimicos teem por habito referir ao ar atmospherico os pezos moleculares; para isso, multiplicam os quocientes, assim obtidos, por uma constante que é 14,44, numero que representa a densidade do ar em relação ao hydrogenio.

485.º Depois dos pezos moleculares, veem os pezos atomicos.

Se, independentemente dos pezos moleculares fôra possivel conhecer os pezos atomicos, seria bem facil calcular os primeiros; bastaria pezar o átomo e, em seguida, multiplicar o seu pezo pelo numero de átomos que contivesse a molecula: ter-se-hia, assim, o pezo molecular. Como a determinação do pezo atomico depende, porém, da determinação dos pezos moleculares, não podia, em absoluto, seguir-se uma tal vereda. Por isso, scientifica e pedagogicamente, era indispensavel começar pelos pezos moleculares e passar, em seguida, aos atomicos.

Varios processos se apresentam para a determinação dos pezos atomicos. Entre elles, indicaremos apenas dous: o que os determina por meio do maior divisor commum, e o que se funda na lei dos calores especificos. O primeiro é incontestavelmente o mais fundamental e rigoroso; consiste essencialmente no seguinte:

a) Em tomar, no estado livre, o corpo cujo pezo atomico deseja determinar-se;

b) Em tomar outros corpos em que elle entre como elemento;

c) Em determinar o pezo molecular de todos esses corpos;

d) Pezada, assim, a molecula de cada um, deverá separar-se, n'ella, para um lado o pezo da porção, lá contida, do corpo

de que se trata, e para outro a porção, lá contida, d'outros corpos estranhos;

e) Tomando as quantidades, em pezo, do corpo a que se pretende achar o pezo atomico e as dos outros corpos — cada uma d'ellas contidas nas respectivas moleculas, vem a obter-se, assim, uns poucos de numeros, que «representarão os pezos de cada corpo, contidos nos pezos das differentes moleculas dos corpos em questão»;

f) Considerando que uma molecula só póde conter um *numero inteiro* de átomos, é claro que «o maior divisor commum dos numeros destinados a indicarem, quer a quantidade em pezo contida na molecula livre do corpo a que se deseja fixar o pezo atomico, quer as quantidades em pezo contidas nas moleculas dos outros corpos — indicará o pezo atomico».

O processo, destinado a determinar o pezo atomico tomando para base a lei dos calores especificos, deve considerar-se como que um auxiliar do anterior, e apto a ser posto em pratica quando aquelle o não podér ser.

Consiste essencialmente no seguinte:

a) A experiencia mostra que, se tomarmos, por exemplo, 23 gram. de sodio e 32 gram. de enxofre e 118 de phosphoro, a quantidade de calor necessario para elevar estes corpos de 0° a 1° é sempre «identica», podendo representar-se por P;

b) Em tal caso, a quantidade de calor necessaria para elevar *um átomo* de cada um d'estes corpos de 0° a 1° será ainda a mesma; os numeros 23 gram. e 32 gram. e 118 gram. são, com effeito, «proporcionaes» aos simples numeros 23 e 32 e 118, que são os *pezos dos respectivos átomos:* e, assim, P será o «calor atomico», o qual, conforme revela a experiencia, é *sempre* igual a 6,6;

c) Por outro lado, se P é a quantidade de calor necessaria para elevar de 0° a 1° 23 gram. de sodio, $\frac{P}{23}$ será a quantidade de calor necessaria para elevar de 0° a 1° um gramma

de sodio; e, então, $\frac{23}{P}$ será o que se denomina «calor especifico do sodio»;

d) Como este raciocinio se póde repetir para todos os corpos, no caso do sodio teremos:

$$P = \text{calor atomico};$$

$$\frac{P}{23} = \text{calor especifico do sodio};$$

$$23 = \text{pezo atomico};$$

e) Ora, é evidente que estas tres quantidades podem ser ligadas pela relação

$$\frac{P}{23} \times 23 = P$$

ou então

$$\text{calor especifico} \times \text{pezo atomico} = 6,6$$

ou ainda

$$c \times x = 6,6$$

ou ainda

$$x = \frac{6,6}{c}$$

Assim, bastará conhecer o calor especifico para se determinar o pezo atomico d'um corpo e bastará dividir a constante 6,6 por esse calor especifico.

Taes são os dous processos por via dos quaes se determinam os pezos atomicos.

486.° Depois de o nosso alumno haver considerado a molecula como massa ponderavel, segue-se, em harmonia com o nosso quadro de categorias, apresentar-lh'a como um «meio», onde, sob diversas fórmas, a energia universal se redistribue. Ora, sob um tal ponto de vista, a molecula offerece-se-nos como um aggregado de átomos, em cujo seio a energia se apresenta como um modo de ser das «forças centraes e atomicas», isto é, sob a fórma do que denominam «affinidades

chimicas». É n'uma obra de Baschusen que apparece, pela primeira vez, a palavra «affinidade», mas servindo apenas para designar a «similhança» entre corpos que se misturam; Boërhaave dá-lhe a accepção quasi moderna, considerando a affinidade como a «aptidão dos corpos para se unirem entre si»; é, porém, Bergman que, tomando para typo de assimilação a força de attracção newtoniana, considera a affinidade na sua accepção moderna. As affinidades que entre os átomos se manifestam, para os aggregarem ou desaggregarem, serão, pois, os elementos dynamicos que constituirão, presentemente, o objecto do nosso ensino.

Naturalmente, a primeira noção a apresentar ao alumno será a seguinte: considerando como attractivas e repulsivas as forças que aggregam ou desaggregam os átomos entre si, hade haver uma força-unidade com a qual as suas intensidades se comparem. Ora, como tal, é de uso entre os chimicos considerar a energia attractiva do átomo de hydrogenio para com os átomos dos differentes corpos ou antes a energia que elles desenvolvem para aggregarem a si um átomo de hydrogenio.

Como é facil de vêr, é chegado o momento pedagogico de apresentar ao alumno noções claras ácerca do que sejam atomicidades, quantivalencias, corpos monovalentes ou bivalentes, tudo quanto diga, em summa, respeito a affinidades chimicas. É, aqui, igualmente occasião de lhe ministrar noções claras ácerca do que sejam radicaes simples e compostos, como funccionam em relação uns aos outros, etc., etc.

487.° Seguindo sempre o nosso quadro de categorias (473.°), além da molecula se nos apresentar como um aggregado de elementos — mais ou menos rigido conforme são mais ou menos intensas as forças centraes que no seu seio se manifestam, póde igualmente revelar-se-nos como um «meio no qual a energia universal se redistribua sob outra qualquer fórma; ora, como tal, offerece-se-nos ella, quando nas moleculas se nos apresenta como «electricidade».

Para se levar o alumno até comprehender este novo as-

pecto dynamico que nos offerecem as moleculas chimicas, será necessario offerecer-lhe experiencias palpaveis, d'onde derive, em seguida, as suas concepções. Para isso, considere-se o seguinte: dous metaes em presença, que poderão ser a platina e o zinco; uma porção de agua, acidulada por meio do acido sulfurico e destinada a banhal-os. Teremos, assim, um systema hydro-electrico, base das pilhas hydro-electricas, cuja theoria tem aqui o seu logar pedagogico e não na electrologia, como é de uso vulgar. Ora, n'um systema d'aquella ordem, produzir-se-hão os seguintes phenomenos: uma decomposição no acido sulfurico, cuja fórmula é, como se sabe, H^2SO^4; o curso dos átomos de hydrogenio para a platina; o curso do residuo halogenico SO^4 para o zinco. Em virtude d'estas duas correntes, parallelas e oppostas, os dous metaes apresentam-se-nos com potenciaes oppostos, d'onde se concluirá que os átomos de hydrogenio e os de oxygenio contidos no residuo halogenico revelam polaridades electricas oppostas; isto é, os átomos de hydrogenio serão «positivos» e os átomos de oxygenio serão «negativos».

Vê-se, assim, que no seio dos aggregados moleculares ha uma redistribuição de energia, sob a fórma de electricidade.

A consideração de átomos electro-positivos ou electro-negativos é extremamente notavel. A estabilidade ou instabilidade de equilibrio existente entre os átomos que constituem um dado systema molecular, póde depender da maior ou menor differença nas polaridades dos átomos em presença. Se, por exemplo, no acido sulfurico H^2SO^4 o residuo halogenico SO^4 não fôr intensamente electro-negativo, o equilibrio que se produz entre os dous elementos H^2 e SO^4, a fim de se effectuar a aggregação molecular, será estavel; e, então, os átomos de hydrogenio H^4 serão difficilmente substituiveis por os d'um metal, quando se queira produzir um sal: uma tal substituição só vem a effectuar-se, quando, no residuo halogenico SO^4 fôr fortemente accentuada a polaridade negativa. As polaridades que revelam em si os átomos dos systemas moleculares, influem, portanto, consideravelmente no equilibrio de taes aggre-

gações e, por isso mesmo, nas composições e decomposições chimicas.

Em summa, n'este logar, o professor apresentará ao alumno o que houver de mais importante ácerca de pilhas hydro-electricas e de affinidades chimicas e de atomicidades e de quantivalencias e de polaridades e, finalmente, da influencia que tudo isto exerce na estabilidade ou instabilidade de equilibrio dos systemas moleculares.

Uma outra fórma sob a qual a energia póde distribuir-se no seio de taes systemas, é a do «calor atomico». Será, aqui, occasião de a apresentar ao alumno.

488.° Seguindo sempre o nosso quadro de categorias, uma vez considerada a molecula, sob os pontos de vista estatico e dynamico, n'um dado momento da sua existencia, seguir-se-hia consideral-a no seu desenvolvimento; são, porém, tão simples os aggregados moleculares, que não comportam, em rigor, a consideração de uma «evolução»: esta maneira de existir só vem a apresentar-se-nos quando entramos em consideração com aggregados mais complexos, como são, por exemplo, os astros ou os sêres vivos. A descripção da molecula, em geral, póde, portanto, considerar-se terminada.

Presentemente, descripta a molecula sob os seus pontos de vista essenciaes, cumpre ensinar ao alumno a significal-a «graphicamente». Este problema apresenta duas faces: por um lado, dada a molecula, hade representar-se graphicamente; por outro, dada a representação graphica, hade traduzir-se, indicando-se, na sua composição, a molecula assim designada. A solução de qualquer dos problemas é extremamente simples e póde vêr-se nos livros especiaes.

E uma vez resolvidos, cumprirá completar uma tal noção com a classificação das differentes especies de fórmulas, caracterisando-as nos casos em que são fórmulas brutas ou racionaes ou typicas, etc., e bem assim o seu valor de significação.

489.° Terminada a secção de chimica theorica que trata dos aggregados moleculares em geral, cumpre, agora, passar

á chimica theorica «especial», começando, á maneira de introducção, por «classificar» os aggregados moleculares; assim, a chimica fundamental apparecerá ao alumno como uma verdadeira sciencia de «descripção e classificação». Só depois de associados em grupos, é que a chimica theorica especial passará a descrevel-os, tomando para isso um systema molecular em cada grupo ou subgrupo.

Naturalmente, os dous primeiros agrupamentos a apresentar ao alumno são os seguintes: para um lado, os que teem para centro de attracção o carbonio, constituindo o largo e amplo objecto da chimica denominada «organica»; para o outro, os que estão no caso contrario. As combinações a que o carbonio serve de nucleo são tão complexas que hãode constituir sempre uma secção áparte. Se entre a chimica inorganica e organica não ha uma differença intrinseca, ha-a, por menos, pedagogica.

Os grupos dos systemas moleculares inorganicos serão, é claro, primeiro apresentados. Como sabemos, estes podem reduzir-se a subgrupos. N'elles ha a classificar, quer os elementos, quer os compostos que d'elles se formam. Sobre a classificação dos elementos, nada ha hoje definitivamente assente. M. Mendeleef baseou-a na connexão existente entre as propriedades physico-chimicas dos corpos e as variações dos seus pezos atomicos; outros dão-lhe para fundamento as atomicidades. Uma classificação, em verdade, interessante é a que agrupa os systemas moleculares inorganicos, dividindo-os em salinos e não salinos: nos primeiros, quando hydrogenados, ha equilibrio instavel entre as respectivas polaridades; nos segundos, ha equilibrio estavel. Os systemas moleculares salinos podem ainda supportar uma subdivisão em dous grupos, conforme o residuo halogenico é simples ou composto e n'este entra o oxygenio. Se o elemento negativo é simples e o positivo é o hydrogenio, o sal toma o nome particular de acido não oxygenado, como, por exemplo, o acido chlorhydrico; se é simples e o elemento negativo é um metal, haverá os saes haloides de Brezelius. Por

outro lado, se o radical electro-negativo fôr composto, o residuo halogenico é o da agua ou outro qualquer: se é o da agua OH e o elemento positivo é um metal, teremos os hydratos metallicos; se o residuo halogenico é outro qualquer e o elemento electro-positivo é um metal, teremos os saes oxygenados.

Assim, acidos e bases e saes reduzem-se, quando considerados philosophicamente, a um vasto grupo de systemas moleculares, caracterisados pelos mesmos attributos fundamentaes.

490.° Traçada esta especie de introducção á chimica especial dos systemas moleculares inorganicos, cumpre passar a descrevel-os.

N'este ponto, a primeira cousa a caracterisar é o seu systema de producção, isto é, aquillo que, sem grande incorrecção, poderiamos denominar o «processo por via do qual se prepara o meio onde se desenvolve o aggregado molecular que pretende produzir-se».

Depois, cumprirá passar a descrever os differentes attributos que caracterisam a familia das moleculas de que se trata, indicando o seu pezo molecular e atomico quando o tenha, etc., etc.

As affinidades são um dos elementos mais importantes d'este capitulo da chimica, elemento de que todos os livros da sciencia tratam largamente. Em verdade, é da mais alta importancia mostrar ao alumno as combinações que um dado elemento realisa, a fim de produzir acidos e saes e bases, etc.

Ha tambem as propriedades physicas. Estas são antes verdadeiros attributos de «massas como agglomerações de moleculas» do que propriedades de aggregados moleculares propriamente ditos; ora, occupando-se a chimica da molecula como aggregado, os attributos que caracterisam as suas agglomerações em massas não são realmente attributos moleculares: portanto, os attributos que, em chimica, se denominam «propriedades physicas», não teem aqui logar apropriado. Conforme a nossa concepção pedagogica, foram, porém, deslocados para a

instrucção primaria, onde, como é sabido, antes de se elevar até á concepção da molecula em toda a sua pureza o alumno teve de contemplar, decompôr e recompôr «as massas de materia» e, portanto, de as caracterisar por via dos seus attributos verdadeiramente empyricos, isto é, pelas propriedades physicas.

491.° Depois de se classificarem e descreverem os systemas moleculares do grupo inorganico, passaremos naturalmente a classificar e descrever os systemas moleculares organicos. Como introducção, porém, á chimica organica cumpre iuiciar o alumno nos processos de analyse, immediata ou elementar, das substancias que teem para centro de attracção o carbonio.

Caracterisado o carbonio como centro de formação d'esta ordem de systemas, seguir-se-ha proceder á sua classificação.

A maneira mais simples de proceder a um tal agrupamento será considerar duas ordens de compostos: os ternarios e os quaternarios. Nos ternarios, haverá ainda a considerar os etheres, os derivados de radicaes alcoolicos e os derivados de radicaes acidos: dos alcoolicos, surgirão os hydratos (alcooes) e os hydrogenetos (hydro-carbonetos); dos acidos, surgirão novos hydrogenetos (aldehides) e novos hydratos (os acidos.) Os etheres serão salinos ou oxydos. Nos compostos quaternarios, haverá a considerar os amidos, aminas, etc., etc.

Em summa, a classificação que serve de base aos agrupamentos dos systemas moleculares organicos é sériar, e da mais alta importancia para a systematisação geral da chimica theorica. O leitor póde, porém, profundal-a nos livros especiaes, não nos alongando mais em considerações que lhe digam respeito.

492.° Tal é a chimica theorica, como, parece-nos, deverá constituir o objecto de ensino no grande ramo scientifico da nossa instrucção encyclopedica. Sciencia de descripção e classificação, occupa-se dos mais abstractos de todos os aggregados. Subordinada ao conjuncto geral da dynamica — pois que as energias dynamicas são os factores de que os aggregados moleculares são um producto, subordina, por seu turno, a si,

toda a vasta sciencia dos aggregados resistentes — pois que, inorganicos ou organisados que sejam, são sempre compostos moleculares. Assim, a chimica serve de introducção, forçada e indispensavel, a todo esse grande ramo do nosso saber encyclopedico, que tem por objecto a estructura do mundo.

CAPITULO II

A MINERALOGIA

Objecto da mineralogia. — Composição geral da mineralogia. — Limites a que, no ensino médio, hade restringir-se a mineralogia. — A mineralogia geral: a fórma nos elementos mineraes e, portanto, apresentação pedagogica da crystalographia; a estructura mineral; as propriedades dynamicas dos mineraes em geral — A mineralogia especial: classificação geral dos aggregados mineraes; descripção dos typos existentes nos differentes grupos — A mineralogia sideral: processos de investigação; determinação das substancias mineraes que compõem os aggregados celestes.

493.° Os aggregados moleculares que constituiram o objecto da chimica, podem, por seu turno, apresentar-se-nos differenciados em dous novos grupos de grandes e vastos aggregados: para um lado, constituirão o estofo do qual veem a derivar-se todas as substancias organicas; para o outro, associar-se-hão para formarem as substancias inorganicas. De substancias inorganicas e organicas será, por ultimo, constituida toda a composição estructural do mundo.

Presentemente, vamos occupar-nos dos aggregados inorganicos ou «mineraes».

Assim como a molecula é um aggregado de átomos, o mineral póde definir-se um «aggregado de crystaes». O crystal póde, por seu turno, considerar-se como um aggregado inorganico de moleculas, que veem, assim, a constituir a sua substancia ou estofo de formação.

Em verdade, não tem sido, até hoje, possivel reduzir todos os mineraes a poderem comportar uma definição tão geral e precisa; a opala e a obsidiana apresentam, com effeito, uma estructura continua e homogenea e colloide, não parecendo, portanto, dever considerar-se como a resultante de uma agglomeração de crystaes: tudo, porém, conduz o espirito humano a crêr que, se por ventura dispuzesse de instrumentos de mais potente energia, de colloides taes mineraes passariam a revelar uma estructura crystaloide. Por isso, á similhança do átomo para com os aggregados moleculares, o crystal é, nos aggregados mineralogicos, um elemento fundamental.

Desde que a mineralogia se occupa de aggregados que podem considerar-se como coexistencias resistentes, é ella uma sciencia concreta; e desde que os mineraes são aggregados de crystaes e os crystaes são aggregados de moleculas, pois que o objecto da mineralogia é uma synthese objectiva, composta á custa dos objectos de que se occupa a chimica, a mineralogia, como sciencia mais particular, fica naturalmente subordinada á chimica como sciencia mais geral. Assim, na esphera objectiva, o concreto subordina-se ao abstracto, como na esphera subjectiva o particular se subordina ao geral.

494.º Se a mineralogia tem por objecto os aggregados inorganicos, estendendo-se o mundo inorganico por toda a vasta amplitude da natureza, claro é que uma tal sciencia hade alargar-se para lá dos limites restrictos do nosso proprio globo, abrangendo, na sua esphera, todos os elementos mineraes do universo.

Expliquemo-nos.

Segundo o uso corrente, é costume assignar á mineralogia apenas o estudo d'aquella porção de aggregados mineraes que se associam para comporem o globo terrestre, pondo de parte tudo quanto respeita ao objecto d'esse outro ramo de sciencia, que poderemos denominar «a mineralogia celeste». Se attendermos, em verdade, aos processos que tem ao seu alcance o espirito humano para organisar os seus conhecimen-

tos mineralogicos, quer ácerca dos mineraes existentes no seu proprio planeta, quer ácerca dos que existem diffundidos pela immensidade do espaço, é evidente a enorme desproporção que entre si revelam: para o estudo mineralogico do globo terrestre, são numerosos e infalliveis; para o estudo da mineralogia celeste, póde dizer-se que se limitam principalmente ao grande instrumento de acquisividade a que denominamos «analyse espectral». Uma tal desproporção entre os nossos meios de conhecer quando teem por objecto a mineralogia cosmica ou a terrestre, não deve, porém, obstar a que o espirito humano considere, n'uma vasta synthese, toda a sciencia do mundo inorganico e a eleve a esse alto caracter de generalidade que constitue o cunho caracteristico d'uma verdadeira sciencia. Em summa, na nossa opinião, o objecto da mineralogia deve ser tomado em toda a sua ampla vastidão e generalidade; portanto, abranger «todos os elementos mineraes que, associando-se entre si, produziram as massas celestes». Sem attribuir á mineralogia uma tal generalidade, não póde considerar-se a cosmologia em toda a sua amplitude. Se a primeira prepara o estofo de que hãode constituir-se os aggregados celestes dispersos na amplitude indefinida do universo, tomando a cosmologia em toda a sua generalidade, porque não hade tomar-se a mineralogia? Se, ao considerarmos os mineraes dispersos no mundo sideral, apenas podemos fixar n'elles a natureza das substancias que os formam, se, ao passarmos á Terra, podemos já fixar n'elles a substancia de formação e descrevel-os e classifical-os, etc., se, portanto, entre estes dous grupos de noções que assim podemos organisar ha apenas uma differença de quantidade, será ella tão essencial que possa roubar á sciencia do mundo inorganico o caracter de generalidade a que deve aspirar?

Consideremos, portanto, a mineralogia em toda a sua vasta amplitude, isto é, como «terrestre e sideral»: como terrestre, descreverá e classificará e distribuirá, na superficie da Terra, os aggregados mineraes, e será, portanto, como a chimica, uma

sciencia de descripção e classificação; como sideral, tentará apenas determinar a natureza das substancias mineraes espalhadas no espaço, por via dos admiraveis processos da analyse espectral, ou, então, auxiliada pelas observações astronomicas, colherá algumas noções dispersas ácerca das aggregações que, nos espaços celestes, taes substancias constituem, a fim de se associarem em mineraes.

495.° Como a chimica, a mineralogia hade dividir-se em geral e especial: a primeira, terá por objecto os mineraes em geral; a segunda, aproveitando as syntheses colhidas pela primeira, passará a reduzir a grupos particulares os mineraes realmente existentes na superficie do globo, a descrevel-os e, finalmente, a caracterisar a sua distribuição por toda a superficie do nosso planeta.

A mineralogia geral tem, a final, por objecto largas e possantes syntheses ácerca dos aggregados mineraes. Estudados sob o ponto de vista da fórma e da estructura e das propriedades dynamicas e das energias de que são uma resultante fatal, as similaridades assim postas a descoberto elevam, por inducção, o espirito humano até organisar essas amplas verdades geraes, que dominam, a toda a altura, a sciencia dos aggregados mineralogicos. Uma tal ordem de syntheses é, de resto, a creação, forçada e fatal, a que a nossa intelligencia se eleva em todo o ramo do saber, ao attingir um alto gráu de desenvolvimento e floração. A essa altura se eleva, com effeito, nos differentes ramos da dynamica. As leis de Kepler, na astronomia; o principio da coexistencia e independencia dos effeitos dynamicos, na dynamica geral; a grande lei newtoniana, na dynamica celeste: eis outras tantas syntheses, vastas e bem definidas, que dominam grupos de noções componentes do nosso saber ácerca da composição do mundo. As sciencias que se occupam dos aggregados estructuraes, não constituem, pelo seu lado, excepção á maneira como procedemos nos diversos ramos da dynamica para organisar o nosso saber integral: a chimica já nos revelou um certo numero de relações geraes,

que dominam todo o vasto campo da sciencia; a mineralogia vae patentear-nos novos exemplos de syntheses, geraes e dominantes; a cosmologia e a biologia, nas suas secções geraes, novas e possantes syntheses offerecerão á nossa contemplação. É bem certo que, em todos os ramos do saber, é identico o mechanismo por via do qual constituimos as noções, destinadas a constituirem o patrimonio mental da humanidade.

A mineralogia especial occupa-se, como dissemos, de classificar e descrever os differentes typos mineralogicos. Classificados os mineraes, poderia, em rigor, subdividir-se em duas subsecções: a *mineralographia*, tendo por objecto a descripção dos aggregados mineralogicos, n'um dado momento da sua existencia; e a *mineralogenia*, tendo por objecto os mineraes, na sua genese e desenvolvimento. A primeira occupar-se-hia de caracterisar os mineraes dos differentes grupos, sob o ponto de vista estatico e dynamico; a segunda, consideral-os-hia nas variações por que passam na sua genese e evolução: uma e outra teriam, portanto, como objecto os dous grandes pontos de vista geraes que, nos aggregados mineraes, faz prevêr o nosso quadro typico de categorias pedagogicas.

496.° Considerada, assim, a mineralogia, quer na sua composição geral, quer no seu objecto, cumpre fixar os limites dentro dos quaes, em relação a ella, hade mover-se o ensino médio.

Este grande ramo da nossa instrucção encyclopedica visa, como sabemos, a offerecer ao alumno a noção scientifica da dynamica e estructura do mundo; ora, tendo a mineralogia por objecto essa ordem de aggregados que, mais tarde, servirão de estofo para, á custa d'elles, se constituirem as massas celestes, claro é que o ensino deverá principalmente ter em vista aquella porção de typos mineraes que mais directamente concorrem como materia prima para a constituição dos astros. Passam de quinhentas as especies mineraes que os mineralogistas conseguiram descrever; d'estas, nem todas se apresentam, porém, como tendo, no estudo geral da natureza, igual importancia.

Umas entram, apenas, na constituição d'uma ou outra rocha; outras são raras. D'entre os mineraes conhecidos, apenas cento e cincoenta são mais importantes, mercê do papel que representam nas estructuras naturaes. São elles, entre outros, o salgemma, o gneis, o calcareo, o dolomia, o feldspatho, saussurita, a mica, etc. Em summa, por importantes que sejam as suas applicações praticas, é, comtudo, em face das suas applicações mais accentuadas como materia prima na estructura das massas celestes que devem considerar-se os mineraes. Assim, tendo constantemente em vista o objecto que apontamos ao nosso ensino geral, haverá sempre, para cada ramo de sciencia, um criterio seguro em que o pedagogista póde apoiar-se quando pretenda seleccionar, no vasto campo da sciencia, o grupo de noções que em favor de tal ensino lhe cumpre aproveitar.

497.° Feitas estas considerações geraes, passemos a indicar o caracter essencial que, no ensino médio, deverá receber a apresentação pedagogica da mineralogia.

Seguindo sempre o nosso quadro de categorias (473.°) e, por outro lado, começando pela mineralogia geral, claro é que se offerece, desde logo, dar, primeiro que tudo, ao alumno uma noção do «meio» em que os mineraes, como producto, se desenvolvem. Tendo-o a instrucção primaria preparado, como realmente preparou, com um grande numero de noções empyricas ácerca d'uma tal ordem de aggregados, o iniciar a apresentação da mineralogia scientifica pela noção que nos occupa não póde offerecer difficuldade de importancia; se, na instrucção primaria, o espirito do alumno se eleva constantemente dos factos, que são o concreto, para as suas causas, que são o abstracto, na secundaria cumpre que desça das causas, que são o abstracto, para os effeitos, que são o concreto.

Em todo o caso, n'este ponto, poderemos, por emquanto, limitarmo-nos a noções restrictas.

O alumno já conhece, com effeito, desde a instrucção primaria os mineraes como aggregações de crystaes; é, pois, facil

indicar como é que o equilibrio estavel do que poderemos denominar «moleculas crystallinas», só póde effectuar-se, lenta e demoradamente, sob a acção das forças incidentes que constituem o meio mineralogico. Assim, vêr-se-ha como influencias dynamicas determinam effeitos geometricos.

O meio mineralogico deve ser apresentado ao alumno como um complexo de todas as energias que, incidindo sobre uma dada substancia chimica, a modificam em ordem a transformal-a em crystaes e a associar estes em aggregados mais vastos ou mineraes. Em verdade, o mineral nem sempre se constitue segundo o typo ideal, mas nem por isso a noção que se acaba de apresentar deixa de ser verdadeira. As condições exteriores do meio mineralogico são o calor, a luz, a pressão, etc., todas, em summa, quantas havemos anteriormente considerado como energias dynamicas; para que taes agentes exerçam, porém, a sua acção, urge que as substancias chimicas sobre as quaes actuam, se apresentem livres dos laços da cohesão, que outras influencias perturbadoras não venham alterar as tendencias das moleculas chimicas a aggregarem-se em equilibrio estavel, que a acção dissolvente do elemento liquido se produza, etc., etc.: como effeito de todas estas acções combinadas, constituir-se-ha o crystal, elemento fundamental que, associado com outros, dará origem aos aggregados mineraes. Toda a substancia chimica tende a adquirir uma fórma crystallina, que dependerá da natureza da substancia destinada a servir-lhe de estofo e das condições do meio. Dous são, portanto, os factores de todo o mineral: as substancias que fornecem o estofo chimico, e as energias ambientes que o elaboram e transformam. Seguir, porém, uma tal genese na sua longa evolução, eis o difficil; conseguil-o, seria constituir a *mineralogenia* em toda a sua plenitude, aspiração esta que está muito longe da sua realisação.

498.° Dada, assim, ao alumno uma idéa geral do meio mineralogico como causa productora dos mineraes, cumpre iniciar a apresentação pedagogica d'esta ordem de aggregados, sob

o ponto de vista dos dous grandes aspectos que podem offerecer ao nosso estudo — o estatico e o dynamico.

Começaremos pelo aspecto estatico, e, n'elle, pela apresentação, nas suas propriedades caracteristicas, do «elemento mineralogico em si», isto é, do crystal; assim, seguiremos á risca a ordem pedagogica que, no nosso quadro de categorias, nos impozemos.

O crystal é, com effeito, o elemento mineralogico por excellencia; e tal é a sua importancia, que uma sciencia, perfeitamente constituida, o tem por objecto: é ella a *crystallographia*, que vem, assim, apresentar-se-nos como verdadeira introducção natural á mineralogia.

Iniciando, pois, o estudo d'esta sciencia pela analyse dos crystaes como elementos dos aggregados mineralogicos, cumpre, em relação a um tal objecto, primeiramente caracterisal-o nas suas propriedades e, em seguida, differenciar em grupos e subgrupos os variadissimos typos crystallinos que a natureza offerece ao observador; mais breve: cumpre *descrever* e *classificar* os elementos que denominamos «crystaes».

Qualquer que seja a variedade de crystaes que nos patentéa a natureza, é certo que em todos elles se encontra um certo numero de elementos caracteristicos, que cumpre, desde já, definir, clara e nitidamente, ao alumno. Esses elementos são: as arestas, os angulos diedros e solidos, as faces, os eixos, etc. As arestas, serão sempre rectilineas e poderão considerar-se sob os pontos de vista, quer da sua propria extensão, quer da grandeza dos angulos a cujas faces servem de intersecção; os angulos solidos, serão sempre salientes; as faces, serão planas, podendo apresentar-se-nos como triangulares ou pentagonaes ou quadrangulares, etc.; os eixos, serão o supporte das faces e considerar-se-hão emquanto ao numero e posição e grandeza.

Indicadas ao alumno estas e outras noções fundamentaes ácerca dos elementos geometricos que constituem um crystal — pois que por via de elementos geometricos é que os crystaes se definem, segue-se naturalmente reduzir a grupos e subgru-

pos as fórmas crystallinas que, na sua immensa variedade, a natureza nos offerece. É esta a parte mais difficil da crystallographia e que, portanto, exige, por parte do professor, a maxima clareza.

O crystal está para o mineral como a flôr para o vegetal; é a floração do mundo inorganico; por isso, assim como em torno de um dado individuo vegetal se agrupam muitos outros que o teem para centro typico de agrupamento, assim em torno de um dado individuo crystallino se aggregarão variados typos de crystaes, para os quaes se apresentará como verdadeiro centro de attracção.

Passando, portanto, a offerecer ao alumno uma coordenação geral e methodica do mundo crystallographico, a primeira noção a apresentar, por parte do professor, será a da immensa variedade de fórmas crystallinas que a natureza, nas suas admiraveis combinações, nos patentéa. E' essencial que elle receba, viva e nitidamente, a impressão d'esta variedade immensa, para que sinta a necessidade de a reduzir a uma coordenação, rigorosa e methodica.

Uma vez dada, pois, ao alumno a noção da variedade que nos revelam as fórmas crystallinas, segue-se tentar, em relação a ellas, uma primeira coordenação. Esta consegue-se, com effeito, reduzindo-as a varios grupos que a sciencia denomina «systemas crystallinos».

Como realisar, porém, estes grandes agrupamentos?

Vejamos.

Consultando os factos, a galena, por exemplo, crystallisa, tomando as variadas fórmas ou d'um cubo ou d'um octoedro ou d'um duodecaedro, etc.; ora, no meio d'uma tal variedade, é natural tomar como centro de agrupamento uma das fórmas — o cubo, por exemplo, agglomerando, em torno d'ella, todas aquellas sob as quaes a galena se nos offereceu. Se, por outro lado, fôr possivel encadear estas fórmas, entre si, de modo a que umas derivem d'outras segundo certas leis, desapparecerá a variabilidade inextricavel das fórmas, para dar logar a uma

primeira unificação, nitida e racional, do mundo crystallographico. É isto, com effeito, o que a sciencia, baseada na observação, tem conseguido; os octoedros e cubos e duodecaedros de galena são fórmas que, embora diversas, veem á filiar-se entre si, encadeando-se segundo uma certa lei e entrando, com crystaes d'outras substancias, n'um grande grupo crystallino, a que denominam «systema cubico». Cumprirá, portanto, apontar desde já, ao alumno, o seguinte:

a) Que todas as fórmas crystallinas, offerecidas pela natureza, podem reduzir-se a seis grupos ou systemas, sendo caracterisados cada um d'elles por certas propriedades fundamentaes;

b) Que, dentro de cada systema, as fórmas derivam umas das outras como que por evolução;

c) Que, portanto, uma dada fórma do systema póde servir de centro commum a todas as outras, dando mesmo o seu nome ao grupo total.

Assim, ficar-se-ha, desde já, sabendo que, por maior que seja a variabilidade das fórmas crystallographicas offerecida pela natureza, todas ellas podem reduzir-se a seis grupos e que dentro de cada grupo todas ellas se filiam n'um rigoroso encadeamento.

499.º Passemos a caracterisar os systemas fundamentaes.

São seis: o systema *isometrico,* caracterisado pelo facto de ser constituido por tres eixos, rectangulares e iguaes entre si; o systema *tetragonal,* caracterisado por apresentar tres eixos rectangulares, sendo um d'elles maior ou menor do que os outros; o systema *hexagonal,* com tres eixos iguaes cortando-se em angulos de 60° e um perpendicular a todos os outros; o systema *orthorhombico,* com tres eixos rectangulares e todos desiguaes; o systema *monoclinico,* com dous eixos secundarios desiguaes e rectangulares, um eixo principal perpendicular a um dos antecedentes e obliquo ao outro; e, finalmente, o systema *triclinico,* tambem com tres eixos desiguaes, sendo o principal obliquo a respeito dos secundarios e estes geralmente obliquos entre si.

Como é facil de vêr, é pela *grandeza* e *posição* dos eixos do crystal que se caracterisarão os differentes systemas crystallinos.

Para tal fim, d'entre os attributos que constituem os crystaes — faces ou angulos ou arestas ou eixos — foram para tal escolhidos os eixos. Mercê d'uma longa observação, notou-se que, por variadas que fossem as fórmas crystallinas, — cubicas ou octoedricas ou rhomboedricas, etc., — revela-se em certos grupos a similaridade de coexistirem com eixos sempre da mesma maneira. Conforme a grandeza e posição que os eixos persistentemente apresentavam, assim se differenciaram em grupos, reunindo em cada um crystaes, ás vezes os mais variados na fórma; e, assim, se constituiram, pela somma de similaridades reveladas entre os eixos das fórmas, os seis systemas crystallinos que acabamos de indicar. D'ora ávante, qualquer crystal que appareça, hade ser classificado n'um d'aquelles grupos, visto que os eixos hãode apresentar-se, em grandeza ou posição, sob um dos aspectos que anteriormente indicamos.

E, desde que os crystaes, agrupados n'um systema, se prendem uns aos outros pela identidade que revelam na composição dos eixos, não será facil derivar, por um processo racional, das fórmas d'uns as fórmas d'outros?

Expliquemo-nos.

Dentro, por exemplo, do grande grupo de crystaes que denominamos «systema isometrico», a galena apresenta-se-nos sob a fórma de um cubo e d'um octoedro? Além da relação de similaridade que estas duas fórmas revelam entre os eixos — relação de similaridade pela qual mereceram pertencer ambas ao systema isometrico, não será possivel descobrir um laço de união entre as proprias fórmas geometricas que revestem os crystaes, e isto de maneira que, unificados já n'um mesmo grupo pela natureza dos eixos, venham igualmente a sel-o pela natureza da fórma? Outro exemplo. Dentro do systema hexagonal, apparece-nos, sob duas fórmas distinctas, o calcareo: ou sob a fórma de um rhomboedro d'angulo igual a 105°; ou, en-

tão, sob a fórma d'um prisma hexagonal regular. Não será possivel descobrir uma filiação natural entre estas duas fórmas do mesmo mineral, como já se descobriu entre os eixos d'essas fórmas?

Taes são os factos; ora, a observação de que, no seio da natureza, são objecto, mostra, com effeito, entre fórmas tão distinctas um intimo laço de união, laço por via do qual as fórmas, tão variadas, d'um mesmo systema crystallino veem a fundir-se, apesar das dissimilaridades exteriores que revelam, em intima unificação.

Com effeito, urge, primeiro que tudo, pôr bem claramente deante dos olhos do alumno que dentro d'um mesmo systema as fórmas que o compõem *derivam* naturalmente umas das outras, de maneira que podem considerar-se como ligadas entre si pelo laço d'uma verdadeira evolução; isto é, como surgindo umas das outras por differenças infinitesimas. Adquirida uma tal noção, elle verá que dividir as fórmas crystallographicas em grandes grupos ou systemas não é realisar agrupamentos arbitrarios; é, pelo contrario, associar, n'uma mesma classe, uma vasta variedade de fórmas, tomando para base d'essa associação a similaridade que para ellas resulta de, «no interior do mesmo systema, derivarem naturalmente umas das outras», vindo, assim, a constituir um todo unificado e bem fundido.

É, pois, o facto d'uma tal derivação que urge, desde já, pôr em evidencia.

Para o conseguir, bastará chamar a attenção do alumno para os factos que se observam na natureza. No seu seio, apresentam-se-nos, com effeito, as fórmas crystallinas como os elos d'uma cadeia ininterrupta, como os termos d'uma evolução, que, por modificações insensiveis, se transformam uns nos outros. Assim, nada mais differente do que são as duas fórmas — o cubo e o octoedro, sob as quaes, dentro do grupo isometrico, crystallisa a galena. Se observarmos, comtudo, attentamente os factos patenteados pela natureza, descobriremos outras fórmas *intermediarias* que, lançando-se entre os crystaes cubicos da ga-

lena e os crystaes octoedricos, estabelecem entre elles um traço de união.

Encontram-se, com effeito, crystaes cubicos tendo nos angulos solidos facetas triangulares e igualmente inclinadas; ora, bastará que taes facetas se alarguem para que o cubo se transforme em octoedro, vindo, assim, cubo e octoedro, a apresentarem-se-nos como os termos extremos d'uma série de fórmas crystallinas, em que umas poderão considerar-se como derivadas d'outras. Um outro exemplo. Observando, dentro do systema hexagonal, dous crystaes de calcareo, vèl-os-hemos crystallisar sob a fórma de rhomboedros e de prismas hexagonaes — coexistencias geometricas estas que parece não terem entre si relação alguma; observando, porém, minuciosamente a natureza, descobriremos fórmas intermediarias, isto é, prismas em que as tres arestas superiores e as tres arestas inferiores destinadas a alternar com as primeiras, se apresentam facetadas por meio de superficies em fórma de trapesio: bastará que taes superficies se prolonguem, para que, por uma especie de evolução, o prisma hexagonal se transforme n'um rhomboedro, estabelecendo-se entre os crystaes de calcareo uma rigorosa unificação. É, portanto, evidente que fórmas crystallinas, na apparencia desligadas, veem, quando bem analysados os factos, a patentearem-se-nos como constituindo uma série evolutiva em que, derivando umas d'outras, as mais dissimilhantes se fundem n'uma mesma unificação.

500.º Taes são os factos que ao alumno offerece a natureza. Ora, o espectaculo que esta lhe patentéa, póde elle artificialmente reproduzil-o, imitando-a rigorosamente nos seus processos; isto é, por via de modificações, artificialmente operadas nos crystaes, póde elle realisar essa mesma derivação por via da qual d'umas fórmas se fazem surgir outras. Para o conseguir, é indispensavel que o professor lhe ministre um certo numero de noções, tendo por objecto mostrar-lhe:

a) O que sejam, n'uma fórma crystallina, elementos da ***mesma natureza,*** isto é, identicos;

b) Quaes as modificações a operar em taes elementos, a fim de conseguir que d'umas fórmas se derivem outras;

c) O que caracterisa taes modificações como sendo da *mesma especie* ou *differentes;*

d) Qual a lei segundo a qual taes modificações coexistam em taes elementos.

Desde que o alumno adquira noções, bem claras e nitidas, sobre todos estes pontos de vista, attingirá, desde logo, com toda a precisão, qual o fundo essencial da operação por via da qual umas fórmas derivam d'outras, em ordem a fundirem-se n'um grupo bem unificado.

Para maior clareza, precisemos aquellas noções.

N'um crystal, por elementos, da mesma natureza ou identicos, devem entender-se: os planos limitantes d'um crystal, quando iguaes em grandeza e disposição; as arestas, quando são, por seu turno, iguaes em disposição e grandeza. Assim, n'um cubo, todos os elementos são identicos: as faces, são iguaes e mutuamente perpendiculares; as arestas, são iguaes em extensão e grandeza angular; os angulos solidos, são iguaes e igualmente dispostos. N'um prisma recto, os elementos não serão da mesma natureza, pois que as faces não são, com effeito, iguaes; n'um prisma orthorhombico, não o serão igualmente, pois que não serão iguaes os angulos lateraes e oppostos.

As modificações a operar em taes elementos, para se conseguir a derivação de novas fórmas, são o que denominam «troncaturas», isto é, secções planas operadas artificialmente nos elementos salientes dos crystaes, quer sejam angulos solidos, quer angulos planos, etc. Como troncaturas, poderão considerar-se: as *troncaturas propriamente dictas,* isto é, secções operadas em arestas ou angulos solidos; os *bisellamentos* ou troncaturas duplas, isto é, as secções operadas por dous córtes, igual ou desigualmente inclinados, sobre faces que fazem angulo; os *rebaixamentos,* isto é, a substituição d'um angulo solido por outro mais obtuso. Em summa, as modificações a operar nos elementos salientes d'uma fórma typo — arestas ou angulos que sejam,

consistirão em verdadeiros planos lançados sobre essas arestas ou esses angulos, os quaes, prolongando-se, irão interceptar-se mutuamente, dando origem ás partes limitantes d'uma nova fórma.

Para que as modificações, assim indicadas, sejam da mesma natureza, é necessario: que os planos troncantes incidam nos mesmos elementos do crystal; que esses elementos sejam da mesma natureza; que tenham a mesma inclinação sobre as superficies adjacentes. Assim, as troncaturas que se operam sobre as arestas d'um cubo, sempre com a mesma inclinação — pois que são elementos identicos, quer pela grandeza, quer pela disposição, serão modificações da *mesma* especie. Se tomarmos um prisma de base quadrada e operarmos troncaturas sobre as arestas basicas, podem as secções troncantes ser desigualmente inclinadas sobre as faces e sobre as bases: se as lançarmos sobre as quatro arestas basicas com uma certa inclinação, a mesma para todas, constituirão modificações da mesma especie; se as lançarmos todas com nova inclinação, ainda modificarão os mesmos elementos e da mesma maneira, mas as modificações, pela segunda vez operadas, serão *differentes* das modificações operadas da primeira vez. Assim, cada troncatura do segundo grupo, comparada com cada troncatura do primeiro, offerecer-nos-ha o exemplo de modificações de *especie differente*. As troncaturas, operadas nas arestas lateraes d'um prisma hexagonal, serão modificações sempre da mesma especie, pois que, sendo iguaes as faces lateraes do prisma, e devendo, como em breve veremos, elementos identicos supportar modificações da mesma natureza, as inclinações de taes troncaturas não podem jámais variar; pelo contrario, as secções operadas nas arestas basicas do referido prisma, pois que podem variar de inclinação, virão a apresentar-se-nos como modificações de especie differente.

Dada, assim, uma noção, quer dos elementos que na natureza apparecem modificados ou que a arte póde, por seu turno, modificar, quer das proprias modificações que a natureza n'elles

offerece ou a arte póde imitar, cumpre apresentar ao alumno a relação em que hãode coexistir, nas fórmas crystallinas, taes modificações. E' ella uma verdadeira relação de coexistencia geral e uniforme — somma de indefinido numero de similaridades particulares que a observação registra no campo da natureza e a inducção integra n'uma experiencia organisada. Observando a immensa variedade de fórmas crystallinas que offerece á nossa vista o mundo mineralogico e fixando mais particularmente a attenção nos elementos identicos d'essas fórmas e na maneira como apparecem modificados por verdadeiras troncaturas naturaes, nota-se, com effeito, que elementos e modificações *coexistem* d'uma certa maneira, e que esta relação de coexistencia, reflectindo-se em todos os casos observados, é geral, uniforme, e uma d'essas noções a que poderemos dar o nome de «experiencia organisada». E é por isso que o espirito humano, registrando-a, se elevou até á constituição d'uma das grandes leis que constituem a base da crystallographia, isto é, a que denominam «lei da symetria».

Esta relação geral de coexistencia póde formular-se assim: *N'uma fórma crystallina que se considere como derivada d'outra, em elementos da* MESMA *natureza* COEXISTIRÃO *modificações da* MESMA *especie e de especie* DIFFERENTE *em elementos* DIFFERENTES.

A connexão entre a especie de elementos modificados e a especie das secções modificadoras é nitida e clara: vê-se bem que, na natureza, a relação que prende aquellas duas ordens de elementos é definida e uniforme e constante; vê-se que a ordem resalta onde só parecia existir a desordem.

Se, imitando artificialmente a natureza, quizermos derivar d'umas outras fórmas, teremos de operar de modo que a lei de symetria seja rigorosamente respeitada; e, com effeito, se o fôr, certas fórmas crystallinas derivar-se-hão d'outras d'uma maneira rigorosa e justa. Assim, se troncarmos, segundo a lei de symetria, as arestas d'um cubo, surgirá desde logo um octoedro; e, pois que, no cubo, bases e faces são iguaes, não podendo, portanto, lançar-se sobre taes elementos secções troncan-

tes com inclinações diversas, do cubo derivará apenas um só octoedro: se, pelo contrario, troncarmos as arestas basicas d'um prisma recto e quadrangular, pois que bases e faces são desiguaes e podem, portanto, receber troncaturas com inclinações diversas, ainda nos conformaremos com a lei de symetria ao lançarmos, d'uma vez, sobre todas as arestas basicas, troncaturas com certa inclinação e d'uma segunda vez troncaturas com nova inclinação, e assim por deante; e, então, apparecer-nos-hão, para cada um d'estes grupos successivos de operações, outros tantos octoedros differentes.

A lei de symetria póde ainda ser enunciada sob uma nova fórma.

Naturalmente, o plano troncante das arestas ou angulos é um verdadeiro plano cortante, que, ampliado tanto quanto possivel, vae seccionar os eixos das fórmas; ora, em tal caso, a lei da symetria póde ser assim formulada: *Se dous eixos homologos forem cortados de certa maneira por qualquer face d'uma fórma crystallina, ella coexistirá em condições reciprocas da primeira, por o que respeita ás suas intersecções.* Esta maneira de enunciar a grande relação de coexistencia que nos occupa, embora mais obscura, tem a vantagem de referir as modificações operadas aos eixos crystallographicos, isto é, aos elementos destinados a definirem esses largos grupos de fórmas que denominamos «systemas crystallinos».

501.° Assim como no mundo biologico os sêres se differenciam em grupos e subgrupos, assim, no mundo crystallographico, as fórmas crystallinas, já differenciadas em seis vastas classes ou systemas, podem agora aggregar-se em subgrupos; isto é, os systemas crystallographicos podem apresentar-nos as fórmas, n'elles contidas, subdivididas em novos subgrupos ou generos. Assim é que, no systema isometrico, nos apparecerão mineraes crystallisados em cubos ou em octoedros ou n'outras fórmas geometricas, de maneira que os cubos e os octoedros e essas outras fórmas virão a constituir outros tantos generos ou subgrupos, contidos no grupo ou systema geral. Vê-se que

do seio da immensa variedade de fórmas crystallographicas vae surgindo a ordem e a harmonia: primeiro, pela grandeza e disposição dos eixos, differenciaram-se em seis grandes classes; agora, pela natureza das fórmas existentes em cada classe, apparecem-nos distribuidas em generos.

Podendo, porém, haver, n'um dado systema, muitos grupos de fórmas da mesma natureza, será, em cada grupo, *indefinido* o numero de taes fórmas? No systema tetragonal ha, por exemplo, o grupo dos prismas rectos; como d'um dado prisma póde, por meio de troncaturas diversamente inclinadas, derivar-se um numero variado de octoedros, virão estes a constituir um grupo indefinido de octoedros? Não: na natureza apparece coordenada, por tal fórma, a sua genese, que os limita subjeitando-os a apresentarem, entre os seus eixos, uma relação fixa e definida. Esta relação é uma nova lei de coexistencia, uma nova experiencia organisada, conhecida pelo nome de «lei da racionalidade».

Observando-se, com effeito, a maneira como, por exemplo, se derivam d'um prisma recto e quadrangular differentes octoedros, nota-se que, a contar do centro até as respectivas extremidades, os eixos dos diversos octoedros estão entre si n'uma relação *commensuravel;* isto é, estão entre si assim como, por exemplo, 1 está para 2 ou para 3, etc.: o seu numero não póde, portanto, ser indefinido e, assim, as fórmas componentes do genero crystallographico de que se trata são quantitativamente restrictas.

A lei da racionalidade, destinada, como se vê, a limitar os generos ou subgrupos em que os systemas crystallographicos se dividem, póde enunciar-se assim: «*Se, para uma dada fórma, dous planos modificantes, prolongados até encontrarem os eixos do systema, vierem a incidir com diversas inclinações sobre os eixos a modificar — as distancias contadas para cada eixo, desde o centro do systema até as intersecções com elle do primeiro plano incidente e as distancias desde o mesmo centro até as intersecções com elle do segundo plano incidente, terão entre si uma medida commum, isto é, serão commensuraveis*».

A lei da racionalidade combina-se admiravelmente com a lei da symetria. Assim, n'um cubo, por exemplo, podemos troncar as arestas, a fim de produzirmos um octoedro regular; como, porém, arestas e faces e bases são, nas respectivas categorias, iguaes entre si, isto é, são elementos da mesma especie, hãode ser modificados pelas troncaturas d'uma maneira constante e, portanto, revelando ellas, sobre faces e bases, sempre a mesma inclinação: de um tal facto resultará o produzir-se apenas um só octoedro. Tomemos, porém, um prisma recto e quadrangular e operemos troncaturas nas arestas basicas; como, ao contrario do que acontecia com o cubo, as inclinações das troncaturas sobre bases e faces podem receber diversas inclinações, para cada grupo de troncaturas, operadas em todas as arestas com uma certa inclinação, observar-se-ha o seguinte: pelas primeiras que se realisarem, um octoedro derivar-se-ha do prisma primitivo, e como, a final, as troncaturas operadas, visto terem a mesma inclinação e incidirem em arestas da mesma especie, veem a coexistir como sendo «modificações da mesma natureza e effectuadas sobre elementos identicos», concluir-se-ha que, n'uma tal derivação, a lei da symetria foi plenamente respeitada; pelas segundas que se effectuarem, um novo octoedro se derivará do prisma typico, e como as novas troncaturas que lhe déram origem receberam nova inclinação, comparadas com as anteriores serão differentes d'ellas, mas comparadas entre si serão, a final, modificações da mesma especie e operadas, mais uma vez, sobre elementos identicos, isto é, a lei da symetria será ainda respeitada; por meio de novas troncaturas e com novas inclinações faremos surgir novos octoedros, e como pela inclinação serão sempre differentes das anteriores, mas da mesma especie quando comparadas entre si, seguir-se-ha que, embora da mesma fórma typica derivem constantemente novos grupos de octoedros, sempre será respeitada a grande lei crystallographica, destinada a constituir uma das bases fundamentaes de tão interessante ramo do saber humano. Ora, por outro lado, é igualmente evidente que, para cada grupo de octoedros deriva-

dos do prisma fundamental, os respectivos eixos vão augmentando ou diminuindo conforme augmentam ou diminuem as inclinações, sobre elles, das secções troncantes e que a relação entre elles é sempre a d'uma commensurabilidade perfeita; isto é, entre as porções d'esses eixos que vão desde o centro crystallino commum até aos vertices dos octoedros de cada grupo, ha sempre uma medida commum, verificando-se, assim, a lei da racionalidade.

Vê-se, pois, que as duas grandes leis crystallographicas — a da symetria e a da racionalidade, longe de se excluirem, completam-se mutuamente.

502.º De tudo quanto havemos visto póde, pois, o nosso alumno derivar conclusões importantes. Assim, poderá notar que, pela lei da symetria, as fórmas crystallinas d'um mesmo systema ou grande grupo crystallino coordenam-se, d'uma certa maneira, nas suas derivações, de modo que, já pela natureza dos eixos e já pela intima filiação que entre ellas estabelece a genese, umas nas outras, operada segundo uma lei fixa, ellas veem associar-se em seis grandes unificações ou classes, bem systematicas e nitidas e definidas; pela lei da racionalidade, limita-se o numero de crystaes que, sob uma certa fórma geometrica, se conteem dentro de cada um dos seis grandes grupos anteriores, de maneira que os grupos maiores podem, assim, differenciar-se em grupos menores de fórmas, compondo-se cada um d'elles d'um numero limitado d'essas fórmas.

Dados taes grupos e subgrupos, ou o que poderiamos denominar classes e generos de fórmas crystallinas, é possivel, ainda, differenciar os generos em novos subgrupos ou especies, vindo assim todo o mundo crystallographico a redistribuir-se em classes e generos e especies. Uma nova lei — a da constancia dos angulos, serve, com effeito, de base a esta nova ordem de agrupamentos. Tomemos, por exemplo, os differentes grupos de octoedros que ainda ha pouco obtivemos troncando com diversas inclinações um mesmo prisma primitivo; visto os differentes grupos de troncaturas operadas nas arestas basicas do

prisma se irem realisando de modo a receberem differente inclinação todas as secções de cada grupo, é evidente que as faces dos octoedros resultantes — que são, a final, essas mesmas secções, serão differentemente inclinadas entre si, formando, portanto, angulos de gráus diversos: ora, «*para cada especie mineral esses angulos serão sempre constantes*». Tal é a terceira grande lei crystallographica ou «lei da constancia dos angulos». Assim, o grupo dos octoedros, constituindo, por exemplo, no systema tetragonal, um genero de fórmas, póde considerar-se como subdividido ainda em subgrupos ou especies de octoedros, conforme os angulos apresentarem este ou aquelle numero de gráus; e se, porventura, muitas especies de mineraes vierem a crystallisar em octoedros d'um tal systema, cada especie mineral virá a caracterisar-se pelo facto dos seus crystaes octoedricos apresentarem angulos constantes e d'um valor definido. Como este, muitos exemplos poderiam citar-se. Assim, o prisma orthorombico tem duas arestas lateraes agudas e duas obtusas; como, por um lado, o podem ser mais ou menos, haverá n'um tal systema um grande numero de prismas orthorhombicos; como, por outro lado, as troncaturas, operadas nas arestas de cada um d'elles, differirão das que operarmos nos outros, haverá grupos de fórmas caracterisadas por angulos bem definidos, constantes para cada especie de mineral. Assim, a baritina e a aragonite são duas especies mineraes que crystallisam no referido systema; mas os prismas de baritina apresentam constantemente um angulo de 101° $^1/_2$; pelo contrario, os de aragonite, um angulo de 116°. Pelo seu lado, a dolomia e a globorite crystallisam em rhomboedros: mas a primeira apresenta sempre angulos de 106°,5; a segunda, de 107°,25. Em summa, a lei da constancia dos angulos póde formular-se assim: *se dentro d'um dado systema crystallino as fórmas dos differentes generos em que elle se differencia differirem pelo valor dos angulos, estes serão constantes para cada especie de mineral que venha a crystallisar no systema commum*».

503.° Taes são as tres grandes leis que servem de base fundamental á crystallographia.

Todo o mundo crystallographico se póde differenciar em seis grandes grupos ou systemas; estes grupos podem ainda subdividir-se em subgrupos ou generos; estes redistribuir-se, por seu turno, em subgrupos mais pequenos ou especies. No mesmo systema unificar-se-hão todas as fórmas crystallinas que, em grandeza e posição, apresentarem os eixos d'uma certa maneira; e, como o processo segundo o qual, dentro de cada systema, umas fórmas derivam das outras, está subjeito á grande lei da symetria, esta virá a constituir indirectamente uma das bases fundamentaes de taes agrupamentos. Uma vez constituidos os systemas, apparecer-nos-hão differenciados em subgrupos de fórmas, conforme o seu aspecto geometrico; e, como pela lei da racionalidade o numero de taes fórmas se limita, a lei em questão presta-se d'alguma maneira a servir de fundamento á differenciação generica que nos systemas se opéra. Por ultimo, em cada genero, crystaes que apresentam a mesma fórma geometrica revelam, por outro lado, angulos especificos, vindo assim a operar-se, no genero, uma nova redistribuição; e como é a lei da constancia dos angulos que define o predicado que serve de base a uma tal differenciação, segue-se que póde igualmente considerar-se como fundamento d'estes novos agrupamentos. Assim, todas estas leis se completam, fundem e unificam n'uma noção commum, introduzindo a ordem e a unidade onde só parecia existir a desordem e a disparidade.

Tal é, nas suas bases essenciaes, a crystallographia, essa introducção natural e indispensavel da mineralogia, pois que se occupa, sob todos os pontos de vista, do *elemento* mineral.

504.° Presentemente, seguindo sempre o novo quadro de categorias, cumpre-nos apresentar ao alumno as *fórmas* e as *estructuras* que derivam das associações de taes elementos em aggregados mineraes, isto é, os aggregados mineraes sob o ponto de vista estatico.

Comecemos pela *fórma* dos mineraes.

Os mineraes, umas vezes revestem e outras não a fórma regular. Na natureza, é raro descobrirem-se aggregações, perfeitamente regulares, de moleculas crystallinas, taes como acabamos de as caracterisar. Aqui, apparecem-nos mineraes com certas faces que se alongaram á custa d'outras; acolá, surgem fórmas em que os elementos poderam guardar mais rigorosamente, entre si, o equilibrio d'uma verdadeira symetria. Entre as irregularidades nas fórmas dos mineraes cumpre apresentar ao alumno: as distorsões, isto é, o desenvolvimento desigual das faces; as imperfeições das superficies, taes como estrias e elevações angulares e asperezas; as desigualdades nos valores dos angulos; etc., etc. Depois, convém não esquecer: a fórma bacillar, que apparece ao revestir o mineral o aspecto de pequenas varetas; a fórma circular, que se mostra quando elle se compõe de cylindros finos e delicados; as fórmas espheroidaes, as lenticulares, as nodoas, as dendriticas, as arborescentes, etc., etc.

Considerando, ainda, os mineraes sob o ponto de vista estatico, depois das fórmas cumpre apresentar ao alumno a *estructura*.

Esta deriva, como sabemos, da maneira como se redistribuem os elementos que constituem o aggregado, e mesmo do seu modo de ser.

Se os elementos são crystaes tão pequenos que não foi ainda possivel distinguil-os como taes, haverá a estructura colloide; se, pelo contrario, se definem e caracterisam, haverá a crystalloide. Pondo de parte a colloide e considerando apenas a estructura crystalloide, os elementos componentes podem apresentar-se-nos: como symetricamente dispostos e iguaes entre si e igualmente orientados; como desiguaes, não symetricos e distribuidos com uma orientação diversa. No primeiro caso, a estructura é regular; no segundo, é irregular. Pelo seu lado, a estructura irregular póde apresentar-se como prismatoide, lamellar e granular: na prismatoide, haverá a considerar a fibrosa, quando os elementos se agrupam similhando um feixe de fi-

bras, a divergente quando as fibras se dispõem conforme os raios d'um sector espherico, a estrellar quando são irradiantes, a entrelaçada quando constituem entre si um tecido apertado; na lamellar, haverá a considerar a micacea e a foliacea e a parallela e a divergente e a radiada e a globular, etc., etc.; na estructura granular, haverá, finalmente, a considerar os elementos componentes, os quaes se nos apresentarão como se foram grãos, mais ou menos arredondados.

Em summa, sob o aspecto estatico, são variadas as fórmas e as estructuras mineraes; cumpre, porém, não deixar de observar ao alumno que todo o mineral nos appareceria, a final, como um aggregado crystallino bem regular na estructura e na fórma, se, ao gerar-se, influencias perturbadoras não viessem modificar a acção, lenta e ordenada, das energias ambientes.

505.° Seguindo sempre o nosso quadro de categorias pedagogicas, depois do aspecto estatico segue-se apresentar ao alumno o ponto de vista *dynamico*.

Como sabemos, o aggregado, qualquer que elle seja, hade considerar-se, quer como um *todo* subjeito á acção das energias exteriores, quer como um *meio* em cujo seio se redistribuem diversas energias (473).

Consideremol-o, primeiramente, como um todo subjeito á acção das energias exteriores.

N'este caso, o mineral apresenta-se ao alumno como uma verdadeira «massa», e, em tal caso, podendo mover-se sob a acção de quaesquer forças exteriores. Devendo, conforme o nosso ponto de vista geral, considerar, apenas, as forças naturaes, uma tal massa está, evidentemente, subjeita á acção da força que denominamos «gravidade». Ora, a ser assim, em todo o mineral hade haver: uma densidade, cuja determinação se hade operar mediante certos processos; um pezo especifico, propriedade altamente importante, dada a sua intima ligação com a substancia e fórma que os caracterisa.

Depois de o alumno haver considerado o mineral como massa ponderavel, seguir-se-ha apresentar-lh'o como «meio» em

cujo seio variadas energias se redistribuem. Ora, seguindo sempre o nosso quadro pedagogico, sob um tal ponto de vista offerece-se-nos considerar as forças redistribuidas no seio dos aggregados, quer como energias que entre os seus elementos componentes tendem a produzir a rigidez ou a desaggregação, quer como energias que podem manifestar-se sob outras fórmas.

Occupemo-nos da primeira especie de energias.

No caso particular dos mineraes, que presentemente nos occupa, como energias capazes de produzirem em taes aggregados a rigidez temos a *attractividade* entre as suas moleculas crystallinas. Revestindo esta força mineralogica varias fórmas, sob ellas hade ser offerecida ao alumno; e, assim, hade mostrar-se-lhe como «tenacidade», como «dureza», como «maleabilidade», como «elasticidade», etc., etc.

A tenacidade, por exemplo, é uma propriedade importantissima. Em relação a ella, os mineraes podem ser «duros» ou «semi-duros» ou «tenros» ou «muito tenros», etc. Ao primeiro grupo pertencem o diamante e o quartzo; ao segundo, a apatite; ao terceiro, o calcareo, o gesso, o talco. Os mineraes são mais ou menos maleaveis, mais ou menos ductis. Assim, é, por exemplo, notavel a ductilidade do ouro.

Uma vez considerada a energia que se redistribue no seio d'um mineral sob a fórma attractiva, isto é, sob essa fórma que tende a manifestar-se por uma rigidez maior ou menor, cumpre, agora, apresental-a ao alumno sob outras fórmas. Ora, no caso particular que nos occupa, isto é, tratando-se de aggregados mineraes, os novos aspectos sob que a energia se redistribue no seu seio, são: a fórma de «electricidade», a fórma de energia «calorifica ou luminosa», e, ainda, certas fórmas de energia que veem a manifestar-se por via d'essas impressões especiaes que os mineraes produzem, actuando nos nossos orgãos.

As deslocações de fluido imponderavel, operadas no seio dos mineraes e devidas á energia que denominamos «electrica», provocam-se sob a acção de pressões, fricções, etc.; certos crystaes de flourite electrisam-se sob a acção da luz solar; cer-

tos mineraes são dotados de polaridade magnetica, isto é, são a séde de redistribuições de energia capaz de influir, desviando-a, sobre a agulha magnetica, e, n'esta categoria, devemos considerar a magnetite, a frankclinite, a almandite, etc.

Depois das redistribuições de energia electrica, veem as d'essa outra fórma de energia que, no seio dos mineraes, se manifesta por vibrações luminosas; e, então, sob este novo ponto de vista, teremos de apresentar ao alumno propriedades dynamicas dos mineraes, taes como as seguintes: a côr, a iriação, o brilho, o asterismo, a phosphorescencia, a opalescencia, a refractibilidade, etc. Sob o ponto de vista da côr, os mineraes podem ser brancos como o é a prata, cinzentos, pretos, amarellos, vermelhos, etc.; a iriação é um effeito das interferencias luminosas, produzidas no interior d'um crystal; pelo asterismo, os mineraes offerecem á nossa vista effeitos opticos similhando curiosas fórmas luminosas, fórmas que, por exemplo, na saphira, se nos offerecem como se foram estrellas de seis raios; na fluorina e na apatite, contemplam-se, ás vezes, bellos fulgores phosphorescentes; na adularia, patentea-se-nos esse reflexo que, similhando fluctuar abaixo da superficie do mineral, constitue a opalescencia.

Depois das propriedades luminosas, veem as «thermicas».

Sob este ponto de vista, os mineraes são mais ou menos conductiveis para com o calor, mais ou menos fusiveis, etc. Assim, a stibinite é fusivel ao simples calor d'uma véla; a actinolite funde, pelas arestas, ao maçarico.

Por ultimo, resta apresentar ao alumno as acções que os mineraes exercem sobre os nossos orgãos. Sob este novo aspecto dynamico, uns apresentam um cheiro oleaceo; outros, sulphuroso; outros, bituminoso; etc. O sabor d'uns, é picante; o d'outros, salgado; n'estes, fresco; n'aquelles, amargo ou unctuoso ou doce.

Taes são, muito resumidamente, os attributos dynamicos dos mineraes, isto é, esse complexo grupo de effeitos de ener-

gia, patenteados nos mineraes e que, d'uma maneira geral, o nosso quadro de categorias fazia prevêr.

506.° Temos, até aqui, apresentado ao alumno os mineraes, sob os pontos de vista estatico ou dynamico, mas «n'um dado momento da sua existencia; segue-se, agora, tendo sempre em vista o nosso quadro de categorias, leval-o a consideral-os «nas variações por que passam», isto é, na sua «genese» e «desenvolvimento», quer taes variações se produzam nos elementos estaticos, quer se realisem nos elementos dynamicos.

Á similhança dos aggregados moleculares, os mineraes offerecem, em verdade, sob este ponto de vista, bem poucos elementos de consideração á nossa analyse. Como já anteriormente dissemos, só quando penetramos na esphera d'esses aggregados, subjeitos, como os sêres vivos ou os astros, a uma «evolução» bem accentuada, é que, por este lado, nos offerecem maior numero de elementos de saber. E assim devia ser; quanto mais se complicam, na esphera objectiva, os objectos da sciencia, mais variadas e complexas se tornam, na esphera subjectiva, as noções que ácerca d'elles é possivel ao espirito humano adquirir: ora, pois que os astros e os sêres vivos são muito mais complexos do que os aggregados moleculares e os mineraes, maior numero de pontos de vista offerecerão á nossa analyse, e, portanto, maior numero de noções, e, por isso, uma mais larga e plena applicação do nosso quadro geral de categorias pedagogicas.

Por o que respeita aos mineraes, quando considerados nas variações do seu desenvolvimento, apenas haverá, com effeito, a entrar em consideração com a sua «genese» geral; as phases evolutivas que, em seguida, atravessam, são para nós totalmente indefinidas e obscuras.

Ao considerarmos a genese dos mineraes, cumpre attender:

a) Ao meio mineralogico;

b) Ao mineral como effeito resultante das energias que compõem um tal meio.

O meio, já anteriormente o dissemos, é composto d'essa porção variada de energias de cujas fórmas nos occupamos no estudo geral da dynamica; pela sua acção, lenta e continua, essas energias tendem a realisar essas fórmas crystallinas que são a essencia caracteristica dos mineraes. Ao que a seu respeito dissemos anteriormente, nada mais accrescentaremos.

507.° Depois de considerada, como o acabamos de fazer, a mineralogia «geral», cumpre passar á mineralogia «especial».

Naturalmente, teremos de a abrir por uma differenciação, em grupos, dos differentes mineraes existentes na natureza, isto é, pela classificação dos mineraes; e, assim, serão, é claro, primeiramente redistribuidos em especies, e as especies aggregadas em generos e os generos em ordens, etc. Muitos livros de mineralogia tomam para base d'estes agrupamentos apenas a composição chimica dos mineraes; este modo de proceder não parece, porém, rasoavel. Para evitar uma tal invasão da chimica nos dominios da mineralogia, parece mais racional tomar para base das classificações mineralogicas—a fórma que, sob a acção das energias ambientes, reveste a substancia; será, portanto, a combinação d'estes dous elementos que, parece, deverá constituir a base d'esta ordem de classificações.

Uma vez classificados, seguir-se-ha, é claro, descrever os mineraes, tomando para objecto de estudo um individuo de cada especie.

Por uma especie de deducção, encontram, aqui, applicação racional as leis que formulamos ao considerar a mineralogia em geral; e, assim, nos typos de cada especie viremos a descobrir os pontos de vista, já considerados sob um aspecto mais geral. Por isso, para cada mineral em particular haverá a considerar a fórma e a estructura e a densidade e a ductilidade e a dureza e as redistribuições de energia calorifica ou luminosa, etc.; isto é, as propriedades, estaticas ou dynamicas, que anteriormente consideramos, mas agora convenientemente especialisadas. Ao mesmo tempo, as grandes syntheses crystallographicas, que formulamos em toda a sua generalidade, ir-se-

hão applicando aos casos particulares que se nos deparam no mundo mineral; e, assim, decompondo o geral, anteriormente organisado e definido, no particular, e integrando o particular no geral, iremos operando outras tantas deducções ao longo de toda a mineralogia especial. De tudo isto resultará que, considerando-a dividida em geral e especial, attribuindo á geral a coordenação das largas syntheses mineralogicas, attribuindo á especial a applicação das syntheses assim organisadas a casos particulares, a mineralogia virá, na instrucção secundaria, a adquirir esse aspecto «deductivo» que anteriormente assignalamos, como caracteristico essencial, a todas as partes de que se compõe este grande ramo da nossa instrucção encyclopedica.

O estudo especial da mineralogia terminará com as noções mais fundamentaes d'essa secção a que denominam «geographia mineralogica». Assim, o alumno aprenderá, n'este importante ramo de saber, a classificar e descrever e distribuir no globo esta ordem de aggregados, attingindo o alvo de toda a instrucção; isto é, enriquecendo o seu espirito de noções e adaptando as faculdades á realisação das ponderosas operações postas em jogo na sciencia que nos occupa.

508.° Nos paragraphos anteriores, temos considerado a mineralogia que podemos denominar «terrestre»; em harmonia, porém, com as nossas considerações anteriores, o ensino mineralogico ficaria incompleto se, subindo mais alto, não se considerar igualmente a mineralogia «celeste», fundindo-se, assim, em vasta synthese, esse mundo mineralogico que se dilata por toda a natureza; cumpre, portanto, que, ao chegarmos a este ponto, se ministrem algumas noções sobre essa porção, hoje accessivel ao espirito humano, da mineralogia sideral.

Quando A. Comte affirmava ser impossivel ao homem elevar-se até conhecer a natureza das substancias que compõem as massas celestes, formulava uma conclusão que o futuro não confirmou. Antes d'elle haver escripto o seu grande trabalho philosophico, Fraünhofer tinha, com effeito, descoberto os principios fundamentaes da analyse espectral, caracterisando as

riscas do espectro solar e reconhecendo que os espectros de luz emanada dos planetas apresentam riscas identicas ás que emanam do sol e verificando, finalmente, serem differentes os espectros que derivam das estrellas — differenças estas que põem em evidencia a differença caracteristica existente na natureza das substancias que constituem as fontes d'onde derivam. A analyse espectral vem, assim, a apresentar-se-nos como um grande e novo methodo de exploração scientifica, o unico, por emquanto, ao nosso alcance capaz de nos elevar até ao conhecimento, real e positivo, da natureza dos substanciaes que compõem as massas celestes. E, considerada assim, encontrará n'este logar a sua verdadeira collocação pedagogica. Munido, com effeito, do seu espectroscopio, o nosso alumno alargará os seus conhecimentos mineralogicos erguendo-se desde a classificação e descripção dos mineraes terrestres até determinar a natureza substancial dos mineraes diffundidos pelos espaços celestes; e como resaltará aos seus olhos a analogia material de todos elles, o seu espirito elevar-se-ha até á concepção d'essa vasta e possante synthese que unifica n'uma mesma identificação substancial os materiaes de que é constituida toda a natureza.

Assim, elle, que já se erguêra até condensar n'uma unidade indiscutivel todas as «forças» do universo, irá, agora, fundir n'uma mesma unidade toda a «materia» espalhada no seu seio; d'esta maneira, surgirão perante o seu espirito duas unificações, vastas e potentes, destinadas a fundirem n'uma noção suprema a composição dynamica e estructural de toda a natureza. Digamos, pois, algumas palavras ácerca da analyse espectral.

509.° É conhecido o principio fundamental d'este interessante processo de acquisividade mental. Analysada convenientemente, a luz solar, além das côres em que se decompõe, apresenta-nos certas riscas obscuras — oito as principaes, dispostas pela maneira seguinte: a primeira, nos limites da luz vermelha; a segunda, ao meio d'esta côr; a terceira, junto ao alaranjado; a quarta, ao terminar o alaranjado; a quinta, no espaço illuminado pela luz verde; etc. Nota-se, por outro lado, que as

luzes artificiaes terrestres dão igualmente origem a um espectro, similhante ao do sol, como o d'elle atravessado por varias riscas, mas que são *differentes* conforme o fôr a fonte d'onde derive a luz observada. Assim, se n'um dado foco luminoso fizermos arder o potassio, teremos o espectro que corresponde á existencia d'este metal no referido foco, espectro caracterisado pela existencia de dous riscos muito brilhantes, situados perto das extremidades; se n'um outro foco fizermos arder um pedaço de sodio, poderemos produzir o espectro do sodio, o qual se caracterisará pelo facto de não ter nenhuma das côres do espectro solar e, apenas, uma risca amarella e brilhante, exactamente na região que, n'aquelle, corresponderia á luz amarella; o espectro do littio, revelará dous riscos brilhantes, um amarello e outro vermelho; o do estroncio, apresentará seis riscos vermelhos, um alaranjado e um azul, todos elles brilhantes: vê-se, claramente, que o caracter, apresentado pelos riscos brilhantes dos differentes espectros, define a natureza das substancias contidas no foco luminoso de que derivam. A estas propriedades deverá juntar-se uma outra, igualmente interessante. Se uma dada substancia produz, no seu espectro, riscas brilhantes, absorve-as quando a luz emana d'uma fonte collocada atraz d'essa substancia, e tendo, portanto, de lhe atravessar os vapores; e, assim, as riscas brilhantes que produziria transformam-se em obscuras. D'ahi será facil concluir que os riscos obscuros do espectro solar revelam haver a luz productora atravessado vapores de certas substancias, claramente definidas pelas riscas brilhantes dos respectivos espectros. Ora, sobre estes e outros factos analogos, instituiu-se o processo por via do qual chegamos a determinar a natureza dos elementos mineraes que compõem as massas celestes; isto é, fundou-se, embora n'uma parte diminuta, a mineralogia sideral. E foi assim que se conseguiu, por exemplo, determinar que no sol existem, em estado gazoso, o ferro e o calcio e o magnesio e o nikel e o hydrogenio; que se conseguiu fixar a composição substancial de muitas estrellas; etc., etc.

Tal é, na instrucção secundaria, o caracter pedagogico da mineralogia. Abrangendo, em toda a sua vastidão, o mundo mineral, o nosso alumno colhe, em relação aos mineraes terrestres, esses pontos de vista geraes, essas syntheses que se nos apresentam como outras tantas analogias mineralogicas, constituindo, assim, uma verdadeira mineralogia geral. Depois, descendo a analysar os differentes mineraes em particular, differencia-os em grupos, descreve-os e fixa as regiões onde se encontram na superficie da Terra. Aos factos mineralogicos particulares applica as noções geraes que instituiu em relação ás estructuras, ás fórmas, á genese dos mineraes, ás suas propriedades dynamicas, etc.; isto é, realisa, na sciencia, uma verdadeira operação deductiva. Ao mesmo tempo, pela synthese mineralogica que na instrucção secundaria realisa, completa as noções que a primaria lhe ministrou. No ensino primario, observou as propriedades dos mineraes, decompôl-os nos seus elementos mais simples e de novo os recompôz, colhendo, em relação aos pontos de vista que assim se lhe offereciam, noções particulares, transformadas em breve, por inducção espontanea, em noções geraes; no ensino secundario, aproveitando os factos fornecidos pelo primario, d'elles induz — não já espontanea, mas conscientemente — relações geraes que, essencialmente racionaes e não empyricas, dominam, de toda a altura, a sciencia mineralogica, e applicam-se, como verdadeiras syntheses geraes, aos factos particulares que o ensino primario lhe revelava: em summa, os dous grandes ramos da nossa instrucção encyclopedica véem, sob o ponto de vista mineralogico, a constituir para o alumno uma unidade, perfeita e nitida e completa.

CAPITULO III

A COSMOLOGIA

I

COSMOLOGIA GERAL

Objecto da cosmologia. —Composição geral da cosmologia. —A cosmologia na instrucção primaria e secundaria. — Apresentação pedagogica da cosmologia geral: os aggregados cosmicos, em geral, n'um dado momento ou em evolução; os aggregados cosmicos sob o ponto de vista da fórma, da estructura, das propriedades dynamicas.— A cosmologia especial: classificação dos aggregados cosmicos; sua descripção.

510.° Havendo adquirido noções, claras e positivas, ácerca do mundo mineralogico, está o nosso alumno preparado para abraçar, no seu complexo geral, a cosmologia, isto é, esse vasto ramo do saber humano que se occupa das massas de materia espalhadas pelo espaço, considerando-as como aggregados.

As substancias mineraes de que nos occupamos no capitulo anterior, aggregam-se, com effeito, em aggregados materiaes de varias fórmas e estructuras que se espalham pelo espaço: aqui, constituem vastas nebulosas; acolá, focos estrellados de luz intensa; mais além, grupos de planetas. Assim, as moleculas aggregam-se em mineraes e os mineraes em massas cosmicas de varias naturezas; isto é, syntheses objectivas mais abstractas agglomeram-se para constituirem novas syntheses objectivas mais concretas, e estas associam-se, ainda, para constituirem outras que o são mais, etc., etc. Vê-se que as porções de materia cosmica, existentes no espaço, offerecem

dous pontos de vista fundamentaes á nossa consideração: por um lado, são para nós *massas* que se movem, e, como taes, constituem o objecto da «astronomia e da dynamica celeste»; por outro lado, são *aggregados* com certa composição e estructura, e, como taes, vão constituir o objecto da sciencia que presentemente nos occupa, isto é, da «cosmologia».

Passando do objecto da sciencia a considerar a propria sciencia, isto é, da esphera objectiva para a esphera subjectiva, é evidente que a cosmologia hade compôr-se de dous grandes ramos: um, será constituido pela cosmologia geral; o outro, pela cosmologia especial. Á similhança do que havemos observado nas sciencias que, até aqui, se teem occupado de aggregados; a cosmologia geral hade considerar os elementos de que, na sua plenitude, são constituidos os aggregados celestes, as fórmas que taes aggregados revestem, as estructuras que revelam, ás propriedades dynamicas que n'elles se objectivam, e, finalmente, os caracteres da sua genese e desenvolvimento; e como, por outro lado, o seu caracter é o d'uma perfeita «generalidade», todo o seu esforço visará a colher syntheses verdadeiramente racionaes e genericas ácerca do seu vasto e grande objecto. Uma vez constituidas as relações geraes de que se occupa a cosmologia geral, seguir-se-lhe-ha evidentemente a cosmologia especial, tendo por objecto «classificar e descrever e redistribuir pelo espaço» os differentes aggregados celestes; isto é, a cosmologia passará, então, a distribuir os differentes astros em varios agrupamentos, a descrever — sob os pontos de vista da fórma e estructura e propriedades dynamicas e desenvolvimento — os differentes astros particulares devendo os do nosso systema planetario ser considerados com especial attenção, e, finalmente, a localisar os differentes aggregados celestes nas regiões do espaço que, até hoje, tem sido possivel attribuir-lhes. Como um grande capitulo da cosmologia especial, deve ser considerada a «geologia». A esta sciencia deverá ser, com effeito, attribuido como objecto o considerar a «Terra como um aggregado»; e, portanto, o estudal-a sob todos os pontos

de vista pedagogicos que, em harmonia com o nosso quadro de categorias, havemos determinado em todas as sciencias que se occupam de aggregados. Assim considerada, a geologia dividir-se-ha naturalmente nos seguintes ramos fundamentaes: a «geographia», tendo por objecto o occupar-se da fórma e estructura e propriedades dynamicas e evolução do nosso planeta; e a «geogenia», tendo por objecto o occupar-se da sua genese e evolução. Como é facil de vêr, o objecto da geographia, como aqui a consideramos, differe muito do objecto da geographia, tal como actualmente se considera: na sua noção, comprehendemos, com effeito, quer a parte da actual geologia destinada a occupar-se da estructura terrestre, quer a parte da geographia mathematica destinada a occupar-se da fórma da Terra, quer, finalmente, a parte da geographia que se occupa do aspecto exterior do globo. Assim, vê-se claramente que, na distribuição que n'esta secção do nosso saber integral acabamos de operar, a «geographia physica» não tem existencia independente; funde-se na geologia geral, como um capitulo componente da sciencia total do globo terrestre. Em summa, no meio da desordem e anarchia pedagogica que, actualmente, caracterisa, por menos entre nós, a sciencia do globo terrestre, a redistribuição que acabamos de apresentar parece a mais racional e logica, já porque as suas differentes partes entre si se subordinam, já porque está em harmonia com a estructura geral da nossa concepção pedagogica.

Lançando, agora, um rapido golpe de vista sobre a sciencia dos aggregados celestes, os seus elementos apparecem-nos, sob o ponto de vista pedagogico, nitidamente caracterisados. Na esphera objectiva, offerece ella ao alumno o espectaculo de syntheses representativas de elementos materiaes que derivam umas das outras por meio de associações, progressivamente mais vastas, dos abstractos componentes, de maneira que os mineraes nos apparecem compostos de moleculas crystalinas, os astros, de mineraes, os systemas cosmicos, de astros e de porções de materia cosmica que se associam para realisarem a sua

constituição, offerecendo, assim, ao alumno o espectaculo d'uma longa série de aggregados que se succedem em abstracção decrescente e complexidade crescente; na esphera subjectiva, as noções racionaes colhidas pelo espirito humano ácerca de tão interessante objecto, coordenam-se igualmente n'uma longa série, de maneira que á chimica subordina-se a mineralogia, á mineralogia, a cosmologia geral, á cosmologia geral, a cosmologia especial, á cosmologia especial, a geologia, seguindo-se todos estes grupos do nosso saber integral n'uma longa successão em que as diversas noções se dispõem na ordem da sua particularidade crescente e generalidade decrescente: vê-se, pois, que, conforme a indole attribuida á instrucção secundaria pela nossa concepção pedagogica, as noções subjectivas que constituem a sciencia e os elementos objectivos que constituem o objecto da sciencia, constituem duas séries parallelas — uma, em que o espirito *reconstrue* uma porção importante da estructura do mundo; outra, em que *unifica,* ácerca d'esse grande objecto, uma porção, igualmente interessante, do seu saber integral.

511.° A instrucção primaria havia preparado o nosso alumno, a fim de poder penetrar desembaraçadamente na comprehensão d'esse amplo objecto de que se occupa a cosmologia. Começando por observar empyricamente certos tractos limitados da superficie da Terra, passou primeiramente a associar esses abstractos em tractos mais vastos, depois a associar estes n'outros ainda mais largos, depois estes n'outros que ainda o eram mais, etc., de maneira que, por associações successivas de elementos de superficie terrestre e de noções que lhes diziam respeito, pôde elevar-se até á noção, clara e nitida, de toda essa superficie (262 e seg.); conhecido, sob um ponto de vista empyrico, o aspecto «exterior» do globo, o nosso alumno, avançando sempre do concreto para o abstracto, passou a tomar conhecimento da estructura geologica da Terra, da composição da atmosphera, dos phenomenos que, no seu seio, se produzem; depois, uma vez conhecido o globo terrestre, que considerou como um abstracto, passou a tomar conhecimento

elementar d'outros astros que igualmente considerou como elementos abstractos, e, assim, reunindo-os a todos elles em aggregados mais vastos, póde attingir, clara e nitidamente, até a noção d'um systema planetario: no ensino primario, o espirito do alumno, mercê d'uma longa série de decomposições e recomposições, passando constantemente do concreto ao abstracto e do abstracto ao concreto, conseguiu, pois, adquirir uma noção, empyrica, mas sufficientemente clara, do nosso globo e do systema do mundo.

É sobre esta larga e solida base que o ensino secundario vae erguer o grande edificio das suas systematisações, racionaes e scientificas, ácerca da composição cosmica do mundo: partindo dos elementos mais abstractos e das noções mais geraes, começará primeiramente por organisar largas syntheses ácerca do modo de ser geral dos aggregados cosmicos; depois, uma vez organisadas por inducções conscientes essas syntheses, passará a considerar em particular as differentes porções de materia cosmica, espalhadas no espaço sob as fórmas de planetas e estrellas e cometas e nebulosas, etc., classificando, descrevendo e localisando, nas differentes regiões do espaço, tão variados aggregados cosmicos; por ultimo, descendo sempre do abstracto e geral para o concreto e particular, terminará, finalmente, por estudar, sob os varios pontos de vista que póde offerecer á analyse do observador, o nosso proprio globo.

Comparando, portanto, a cosmologia, tal como a considerou a instrucção primaria, com a cosmologia, tal como a considera a instrucção secundaria, as suas intimas relações são evidentes: se a primeira, decompondo e recompondo os objectos, avança do concreto para o abstracto e do abstracto para o concreto, a segunda, recompondo successivos concretos por meio de uma longa série de abstractos, avança constantemente do abstracto para o concreto; se a primeira, decompondo e recompondo idéas, vae do geral, obscuro e confuso para o particular e volta do particular ao geral, claro e definido, a segunda desce constantemente do geral para o particular; se a primeira organi-

sa, na mente do alumno, syntheses espontaneas, a segunda guia-o até elle organisar syntheses conscientes e bem definidas; se a primeira é, no seu tom geral, empyrica e presentativa, a segunda é representativa e racional.

Em summa, na sciencia dos aggregados cosmicos, como em todos os ramos do saber, os dous grandes ramos da instrucção geral constituem, na nossa concepção pedagogica, um todo integral, harmonico e completo.

512.º Feitas estas considerações geraes, passemos a dar ao leitor uma idéa summaria ácerca da indole pedagogica da cosmologia.

Naturalmente, a apresentação d'uma tal sciencia hade começar pela secção geral. Ora, seguindo aqui, como n'outras partes, o nosso quadro de categorias pedagogicas, claro é que ao alumno se apresentarão, primeiro que tudo, os *elementos* que, associados, se aggregam para comporem, em geral, as massas celestes. Para isso, bastará recordar-lhe tudo quanto aprendeu na mineralogia, terrestre ou sideral, visto que uma tal sciencia não faz mais do que, á maneira de introducção, apresentar ao alumno as noções que, ácerca dos elementos mineraes destinados á composição dos outros, lhe eram indispensaveis.

Dos elementos, passará naturalmente a considerar, nos aggregados celestes, o ponto de vista «estatico» e, n'este, a *fórma* e *estructura* que á observação telescopica, espectral ou directa, offerecem taes aggregados.

Por o que respeita ás fórmas, o alumno poderá vêr que ellas são tão variadas como os gráus de condensação, integração e differenciação que nos offerecem os differentes aggregados celestes. Assim, um grande numero de nebulosas apresentamse sob fórmas indecisas; outras, mais avançadas em evolução, teem-nas lenticulares, ellipticas, esphericas, etc. Uma das nebulosas dos «Cães de Caça» apresenta-nos a fórma espheroidelenticular; na do «Pegaso», vê-se uma esphera central, isto é, um verdadeiro sol, cercado de cinco zonas e tendo cada uma

na parte média um começo de condensação; por outro lado, as estrellas agrupam-se em grandes massas, tendo a fórma geralmente lenticular; os planetas são, por seu turno, espheroidaes: assim, as fórmas que caracterisam os aggregados celestes são tão variadas como variados são os gráus de rarefacção ou condensação por que vae passando a materia cosmica.

Passando das fórmas ás *estructuras* cosmicas, convirá patentear, bem claramente, ao alumno como, na sua variedade, derivam da redistribuição, igualmente variada, dos elementos de formação, da natureza diversa d'esses elementos, etc. Como anteriormente, os factos ir-se-hão apresentando, de maneira que, sobre elles, possa o seu espirito organisar inducções seguras e verdadeiramente geraes. Assim, uma das nebulosas dos «Cães de Caça» apresentar-lhe-ha uma condensação central, inicio d'um fóco solar; a nebulosa do Verseau mostrar-lhe-ha uma esphera com um annel: tudo isto lhe revelará que, em toda a immensidade do espaço, são identicos os processos de formação cosmica, de maneira que a concentração que hoje se accusa no nosso systema solar não é mais do que uma das phases por que terão de passar outros systemas longinquos, ao atravessarem as phases diversas da sua longa evolução.

Por outro lado, as proprias estrellas revelar-se-hão em estadios differentes de condensação, e, portanto, em phases diversas de redistribuição na materia cosmica, e, por isso mesmo, sob estructuras diversas: e, assim, umas, d'um branco amarellado como o nosso Sol, como elle produzirão um espectro em que serão numerosas as riscas de absorpção — o que accusa evidentemente uma enorme quantidade de elementos não condensados; outras, como Sirio e Vega, só revelarão as riscas espectroscopicas que correspondem ao hydrogenio e sodio e magnesio, isto é, manifestarão uma d'essas composições estructuraes em que a atmosphera é essencialmente reduzida. Nos planetas, a estructura será, é claro, mais differenciada e complexa. Se a materia cosmica dos planetas perdeu uma grande parte do calor interposto, se, portanto, se distribuiu e redistri-

buiu sob as mais variadas fórmas, como não hãode ser variadas as suas estructuras cosmicas? E assim é que, se, na Terra, a observação directa descobre rochas, neptuninas ou eruptivas, de todas as estructuras, nos planetas do nosso systema solar a observação telescopica leva-nos até a descoberta de elevações e depressões de superficie, de gelos polares, de correntes atmosphericas, de largas planicies, de variações, em summa, no aspecto exterior, variações que accusam, evidentemente, profundas differenciações estructuraes.

D'estes e de muitos outros factos que ao alumno serão apresentados, elle se elevará até á concepção, quer da identidade que existe no fundo estructural de todo o universo, quer dos aspectos variadissimos que esse fundo reveste, conforme são mais ou menos intensas as energias que transformam a materia cosmica.

513.º Do ponto de vista estatico passamos, conforme o nosso quadro pedagogico, a considerar o aspecto *dynamico*.

Sob este novo ponto de vista, teremos, primeiramente, de apresentar ao alumno os aggregados cosmicos, considerados como totalidades sobre as quaes se exercem os effeitos das energias exteriores; será, pois, por este lado, e principalmente como *massas ponderaveis*, que devemos consideral-os. Será, portanto, chegado, agora, o momento pedagogico de caracterisar o pezo, por exemplo, dos planetas do nosso systema, a sua densidade, a densidade das nebulosas, o seu pezo especifico, etc., etc.

Depois de haverem sido considerados como totalidades, os aggregados cosmicos deverão ser considerados como «meios» em cujo seio se redistribue, sob diversas fórmas, a energia universal. Ora, sob este novo ponto de vista ha, primeiramente, a apresentar ao alumno essa porção de energia universal que tende a produzir a rigidez ou desaggregação dos aggregados celestes, isto é, o que denominamos «forças centraes» interiores; por isso, tem, n'este logar, occasião o professor de caracterisar as causas thermicas da maior ou menor condensação das nebulosas ou planetas, a maior ou menor energia at-

tractiva que se manifesta entre as suas moleculas, etc. N'esta occasião, poderá ainda relacionar, por exemplo, a energia calorifica interior com o estado de concentração dos aggregados celestes, e poderá mostrar como á uma concentração mais avançada corresponde uma energia calorifica interior menos intensa e vice-versa—energia que, no interior das nebulosas, M. Hirn calcula em cinco milhões de gráus.

Depois das alterações ou repulsões dos elementos cosmicos, virão as suas vibrações luminosas ou thermicas, os seus desequilibrios electricos, etc., isto é, todas as outras fórmas fundamentaes sob as quaes a energia universal costuma manifestar-se; e então o professor terá occasião de fallar dos raios luminosos de côr azul ou verde ou vermelha que as estrellas emittem, da rarefacção das moleculas – tão favoravel á irradiação luminosa, etc., etc.: em summa, tudo quanto são manifestações dynamicas geraes operadas nos aggregados celestes, tudo quanto são identificações entre manifestações de tal ordem, tudo quanto são syntheses geraes que d'essas identificações possam derivar, encontram, aqui, o seu verdadeiro logar pedagogico. Propondo-nos escrever uma pedagogia e não uma cosmologia, bastarão, para elucidação do leitor, os pontos de vista que deixamos indicados, pontos de vista que completará como julgar necessario.

514.º Seguindo sempre o nosso quadro de categorias, depois de havermos considerado os aggregados celestes sob os aspectos estaticos e dynamicos e n'um dado momento da sua existencia, cumpre apresental-os ao alumno na sua *genese* e *desenvolvimento;* isto é, na sua evolução atravez dos tempos. Como já anteriormente fizemos sentir, os aggregados celestes são os primeiros que nos offerecem o aspecto d'uma verdadeira evolução; sendo bem certo que, tanto mais complexos se vão apresentando os aggregados subjeitos ao nosso estudo, quanto mais rigorosamente se lhe vae applicando o quadro de categorias pedagogicas que, do alto da sua generalidade, os domina, a final, em toda a sua complexidade e extensão.

Tratando-se, pois, de offerecer, sob um ponto de vista geral, ao alumno o espectaculo grandioso da genese e desenvolvimento dos astros, será, n'este logar, que deverá apresentar-se-lhe a grandiosa hypothese de Laplace, destinada a explicar a formação geral dos systemas solares, ultima phase d'essa longa e lenta série de transformações cosmicas.

Digamos a este respeito algumas palavras.

A grande hypothese de Laplace baséa-se na natureza essencial dos proprios attributos que caracterisam a materia, n'uns certos factos observados nos espaços celestes, e, finalmente, em factos que, analogos áquelles, podemos reproduzir na superficie da Terra: como attributos essenciaes da materia, temos todas as suas propriedades, estaticas ou dynamicas, de nós já bem conhecidas; como factos celestes, aptos a servirem de base á elaboração d'aquella grande hypothese, ha tudo quanto a analyse espectral ou o telescopio podem descobrir ácerca da composição e fórma e estructura dos astros nos espaços celestes; como factos que, analogos áquelles, podemos reproduzir na superficie da Terra, ha, por exemplo, as bellas experiencias de Plateau, destinadas a mostrarem experimentalmente que a materia diffusa, adquirindo um movimento de rotação, tende a agglomerar-se em torno d'um centro.

Baseando-nos sobre taes factos e restringindo a hypothese, por exemplo, ao caso particular do nosso systema solar, é evidente que, isolada ou fazendo parte d'outra mais vasta, uma larga massa diffusa de materia cosmica constituiu, no principio, o estofo de que elle se originou. Apresentando o aspecto d'uma ampla massa irregular, a nebulosa primitiva, de fórma lenticular, deveria com certeza estender-se para lá da orbita, já tão affastada, do planeta Neptuno; isto é, haveria n'ella um diametro superior a 6987 milhões de leguas. Desaggregada por uma intensa energia interior, a massa cosmica, extremamente tenue, apresentava incontestavelmente esse estado indefinido, incoherente e indifferenciado que caracterisa todas as evoluções em começo. Ora, é então que se inicia a longa historia da forma-

ção do nosso systema solar. Ao centro mesmo do Sol actual, resto incontestavel da nebulosa primitiva, produz-se um primeiro nucleo de concentração; simultaneamente annullados certos movimentos, os elementos de materia cosmica adquirem movimentos de circumducção em torno do nucleo central; os movimentos de circumducção, combinando-se com os movimentos de attracção revelados nos elementos cosmicos em relação á massa central, geram um estado dynamico caracteristico, causa evidente de todas as transformações futuras: ora, é então que as transformações cosmicas se succedem n'uma série longa e fatal; um primeiro annel circumferencial de materia esboça-se, condensa-se, desloca-se e continua eternamente a rodar até se transformar, em breve, n'um planeta, o qual, desprendendo, por seu turno, um ou mais anneis, gerará para si um ou mais satellites; depois, um novo annel se desloca da nebulosa primitiva, o qual, por uma nova condensação, géra um novo planeta, cortejado ou não por satellites; depois, novos anneis se desprendem e novos planetas se formam, até que os restos da nebulosa primitiva, não soltando do seu seio novos planetas, continuará ainda por milhões de seculos a concentrar materia e a dissipar calor, o qual irá levar aos recantos do systema solar a luz e o movimento.

Na longa série de phases por que passam, nas suas transformações, os systemas solares, o professor tem um bello exemplo para caracterisar ao seu alumno a essencia do que denominamos «uma evolução». Primeiramente, haverá, com effeito, a notar em tal desenvolvimento esse estado indefinido e incoherente pelo qual todas as evoluções se iniciam; depois, a passagem a estados mais definidos e estaveis e coherentes, estados em que a materia se intégra, a fórma se accentua, a estructura se differencia e as propriedades dynamicas se caracterisam; depois, essa phase avançada em que, finalmente, os aggregados, pela integração de materia e dissipação de movimento, nos apparecem como coherentes, definidos e plenamente heterogeneos. Para se comprehender, em toda a sua complexidade, o princi-

pio da evolução, póde o professor apresentar, ainda, ao alumno essa série de phases em que o desenvolvimento dos systemas solares, do periodo em que se nos apresenta como uma «evolução» passa ao periodo em que se nos revela como uma «dissolução», isto é, em que nos patentéa essa phase da sua existencia, na qual, conglomerados todos os seus elementos, se fundirão de novo na massa indifferenciada d'uma nova nebulosa: assim, elle poderá contemplar o completo desenvolvimento d'um aggregado, quer no estado de evolução, quer no estado de dissolução.

Tal é, nas suas grandes linhas, a cosmologia geral.

515.° Posto isto, passemos á cosmologia especial. Naturalmente, deve ella começar por redistribuir os differentes aggregados celestes n'uma grande classificação, para base da qual se poderão tomar não os movimentos que executam, pois seria uma noção astronomica e não cosmologica, mas a maior ou menor concentração material que revelam.

Uma vez classificados os aggregados celestes, seguir-se-ha descrevel-os em particular, quer sob o ponto de vista estatico, quer sob o ponto de vista dynamico, applicando-lhes meramente o nosso grande quadro de categorias pedagogicas. Sem pretender passar em revista os variadissimos typos de massas sideraes diffundidas no espaço, appliquemos, por exemplo, ao Sol um tal processo de descripção.

É elle o resto da nebulosa primitiva, e como tal apresenta uma fórma espherica ou antes espheroidal. Estructuralmente, apresenta-nos a corôa, constituida por raios luminosos divergentes; a crosmosphera — verdadeira atmosphera do Sol, onde se encontram o hydrogenio e os vapores do sodio e do calcio e do ferro; a photosphera — não gazosa e compondo-se de brilhantes granulações metallicas que fluctuam como nuvens na atmosphera solar; o nucleo — a parte mais condensada do Sol. Pelo lado das suas propriedades dynamicas, ha a sua ponderabilidade, e, portanto, a sua densidade — um pouco maior que a da agua do mar; ha as forças centraes que

se desenvolvem entre as suas moleculas; ha as mutações luminosas e thermicas que de si irradia; ha, finalmente, as ondulações electricas, etc., etc. O alumno, percorrendo particularmente cada um dos astros do systema, irá fixando os seus attributos fundamentaes e, assim, adquirirá uma concepção, nitida e clara, da composição geral do mundo cosmico.

II

A GEOLOGIA

Objecto da geologia.— Composição da geologia.— Apresentação pedagogica da geologia: a Terra, sob o ponto de vista estatico, considerada emquanto á fórma e á estructura; a Terra, sob o ponto de vista dynamico.— Evolução, atravez dos tempos, do globo terrestre: o meio geogenetico e energias de que se compõe; evolução geral do aggregado terrestre.

516.° Passemos a considerar, particularmente, esse aggregado cosmico, para nós de tão alto interesse, isto é, o globo terrestre.

Como anteriormente fizemos sentir, deve occupar-se d'elle, sob todos os pontos de vista, a «geologia», isto é, o «Tratado da Terra». Pois que a Terra é um aggregado que, como todos os outros, se póde considerar, quer n'um dado momento da sua existencia, quer no seu desenvolvimento, em duas grandes secções deverá subdividir-se a geologia: a «geographia», tendo por objecto a *descripção* da Terra, tanto sob o ponto de vista da fórma e, portanto, do aspecto exterior, como sob o ponto de vista da estructura, e bem assim pelo lado das propriedades dynamicas; a «geogenia», tendo por objecto a *genese* e *evolução* do globo terrestre atravez dos tempos. Na geologia, comprehendemos, portanto, como é logico, toda a sciencia do globo terrestre, fundindo, assim, n'um unico grupo de noções, essas porções do nosso saber, dispersas, actualmente, no campo de sciencias diversas e distinctas; e, assim, é que a geographia virá a desapparecer no vasto ambito da geologia como um dos seus mais importantes capitulos.

Iniciando, portanto, a apresentação pedagogica de geologia, é evidente que, aqui como nos outros ramos da vasta sciencia dos aggregados, seguiremos á risca o nosso quadro de categorias pedagogicas; e, assim, apresentaremos, primeiramente, ao alumno a Terra como um aggregado realisado, levando-o a estudal-a, quer pelo lado estatico, quer pelo lado dynamico.

517.° Começando pelo lado «estatico» do nosso planeta, ha, desde logo, a considerar n'elle a fórma, tendo o alumno, n'este ponto, a recordar apenas o que já conhece ácerca da fórma geral dos aggregados celestes. A' idéa de fórma associa-se naturalmente a idéa de volume, que não é mais do que a medida d'essa fórma por meio d'outra que se toma para termo de comparação.

O tratar-se da fórma da Terra é, cremos nós, o momento pedagogico de o alumno entrar em consideração com o «aspecto exterior» do globo, isto é, com o objecto da geographia physica.

Para assimilar esta nova série de noções, está o alumno convenientemente preparado, mercê dos conhecimentos que, n'este ramo do saber, a instrucção primaria lhe ministrára (262 e seg.). Lá aprendeu elle, com effeito, a conhecer, particular e empyricamente, as differentes modificações exteriores que apresenta a fórma da Terra; isto é, as depressões e as elevações e as horisontalidades e as grandes toalhas oceanicas e mesmo o que de mais notavel se passa no involucro gazoso do nosso planeta. Ora, presentemente, póde, sobre tão larga base, construir as grandes linhas de uma geographia, verdadeiramente scientifica. Assim, é, n'este logar, occasião de se apresentarem ao alumno as grandes syntheses que, ácerca do aspecto exterior do nosso globo, organisa este ramo do saber humano. Chamar-lhe-hemos, por isso, a attenção para a representação geral, por exemplo, dos continentes e oceanos. Ácerca dos primeiros, faremos notar a sua fórma symetrica e a terminação, em ponta, de todos elles —o que importa uma identificação geral, larga e ampla; poderemos ainda fazer notar uma synthese geographica como esta—

que as massas continentaes se apresentam no seu conjuncto como se estiveram aggregadas em roda de tres arestas salientes, tendendo a approximarem-se do eixo dos polos á medida que descemos do equador para as latitudes austraes; ácerca do seu relêvo, poderá ainda notar-se que os mais elevados erguem-se, acima do nivel do mar, uma pequena fracção do raio terrestre, attingindo apenas o valor de $\frac{1}{720}$ d'esse raio o mais alto pico do Gaurisankar. Ácerca das grandes depressões oceanicas póde, por exemplo, estabelecer-se: que as massas continentaes estão divididas em dous vastos massiços por uma zona transversal de depressão correndo ao redor do globo — noção esta que corresponde a uma larga identificação geographica; que, nos mares, as depressões maximas estão em relação com as maximas elevações offerecidas pelas arestas das mais altas montanhas — proposição esta que exprime uma nova e larga synthese geographica. Veem depois as planicies, o seu aspecto geral, a sua distribuição, etc. Por outro lado, convirá igualmente offerecer á contemplação do alumno as relações geraes que, por inducção, é possivel estabelecer entre as elevações, as depressões, as horisontalidades, os grandes cursos d'agua, as toalhas oceanicas, etc., etc. Em summa, bastarão estes exemplos para caracterisarem a physionomia que, na nossa opinião, deverá revestir, no ensino médio, o ensino que tem por objecto o aspecto exterior do globo. N'esta especie de geographia superior, haverá principalmente em vista a apresentação das grandes syntheses racionaes, a organisação das largas identificações, isto é, essa série de amplas inducções, racionaes e conscientes, que desde muito assignalamos como devendo constituir, para a secção geral de cada sciencia dos aggregados, o seu objecto fundamental.

Uma vez considerada a fórma do nosso planeta e, portanto, o seu aspecto exterior, visto que não podemos deixar de o considerar como comprehendido na noção de «fórma», segue-se apresentar ao alumno as noções scientificas mais essenciaes ácerca da *estructura* do globo terrestre; e, assim, ficará esgotado o que

houver a dizer, sob o ponto de vista estatico, ácerca do nosso planeta.

N'este campo, ha evidentemente a considerar, desde logo, os elementos de que o aggregado terrestre se compõe; depois, os fosseis, isto é, as faunas e as floras desapparecidas; depois, como uma associação de todos aquelles abstractos, as «rochas», que são os verdadeiros tecidos do globo.

Ácerca dos elementos mineraes, cumpre, desde logo, notar que nem todos são fundamentaes na composição do globo. Como mais importantes podem considerar-se: o oxygenio, pois que só elle fórnece material para se constituir uma grande parte da crosta terrestre; o carbonio e e silicio, que são, n'ella, o principal elemento de consolidação; o aluminio e o magnesio e o calcio e o potassio e o sodio e o ferro, que se encontram largamente diffusos por todo o involucro do planeta. Associados, estes elementos produzem as rochas; productos estructuraes de variadas energias, as rochas differenciam-se, já porque varia a natureza dos elementos componentes, já porque varia a sua redistribuição.

Considerando-as pelo lado do aspecto estructural que recebem das differentes energias exteriores a cuja acção se podem attribuir como productos, as rochas podem reunir-se em dous grandes grupos: umas — as igneas, são produzidas pela consolidação da crusta primitiva ou expansão das materias fluidas internas; outras — as neptuninas, pela «desnudação» que os agentes dynamicos opéram sobre a superficie do globo. Entre as primeiras, podemos indicar: as pedras, isto é, massiços susceptiveis, em grande extensão, de uma accentuada homogeneidade; os minerios, que derivam da associação de metaes com substancias conhecidas pelo nome de «mineralisadoras». As rochas eruptivas ou igneas teem, como caracteristico fundamental, a estabilidade; por isso, são duros e refractarios e altamente oxygenados os materiaes que as formam. As rochas eruptivas são ligeiras ou pesadas: nas primeiras, predomina a silica e a aluminia; nas segundas, predominam os silicatos sem

aluminia. As rochas ligeiras encontram-se á superficie do globo; no fundo, as pesadas.

Passando ás rochas sedimentares ou neptuninas, são ellas constituidas por tres ordens de depositos—detriticos chimicos e organicos: os detriticos, são um producto da desnudação, operada pelas aguas de mares e rios e agentes atmosphericos, nas rochas preexistentes, e os seus elementos, reduzidos a fragmentos e extractificando-se no fundo dos oceanos e dos cursos d'agua e dos lagos e dos estuarios, são arenaceos, quando se compõem de elementos bem distinctos, ou argilosos, quando se compõem de elementos que estiveram muito tempo em suspensão no estado de vasa; os chimicos, são em pequena quantidade, podendo servir-lhes de typo a silica hydratada; os organicos, dão, finalmente, origem aos calcareos e combustiveis mineraes.

Como complemento das noções ácerca da estructura terrestre, deverá o professor apresentar, n'este logar, ao alumno as idéas mais fundamentaes ácerca d'essa porção mais diffusa do involucro terrestre, que se denomina «atmosphera» e, ainda, d'essa outra vasta porção liquida, que constitue os grandes depositos oceanicos; contemplando o involucro terrestre d'um ponto de vista elevado e verdadeiramente philosophico, os elementos solido e liquido e gazoso não pódem deixar de constituir uma totalidade «estructural» completa e una, totalidade evidentemente differenciada pela differente redistribuição da materia componente, em elemento solido e liquido e gazoso.

518.° Tal é, em resumo, a noção geral que, pelo lado estatico, póde dar-se ao alumno ácerca do nosso planeta. Não nos propondo escrever um livro especial sobre geologia, claro é que, apenas, a titulo de exemplo, reunimos um limitado numero de noções fundamentaes; á pedagogia, o que importa é, com effeito, indicar os pontos de vista fundamentaes, coordenar as noções mais essenciaes, dar, em summa, ao leitor uma idéa, clara e definida, não de pontos de vista particulares, mas do conjuncto: ora, em tal caso, basta indicar apenas algumas noções mais culminantes e algumas relações mais geraes.

— Depois do aspecto estatico, segue-se offerecer ao alumno o aggregado terrestre pelo lado *dynamico*.

Seguindo sempre o nosso quadro de categorias, cumpre, primeiramente, considerar n'elle o «pezo» e, portanto, a «densidade». Naturalmente, póde tomar-se o Sol para termo de comparação; e, em tal caso, a densidade será, se bem me recordo, expressa pelo numero que designar a do nosso fóco central, multiplicado por 4.

Um outro elemento que, sob a rubrica de «ponderabilidade terrestre», urge considerar, é o phenomeno das «marés»; isto é, essas oscillações que, sob a acção das attracções lunar e solar, se opéram na superficie movel dos oceanos e que são, portanto, um evidente facto de ponderabilidade terrestre. Assim, esta grande manifestação dynamica do nosso planeta virá a occupar o seu logar verdadeiramente pedagogico, de maneira que, ao contemplal-o, o alumno hade assimilar facilmente as noções que lhe dizem respeito. Considerar, com effeito, o phenomeno das marés como um grande facto de ponderabilidade terrestre em relação á potencia attractiva que sobre o nosso globo exercem o Sol e a Lua, é preparar no espirito do alumno uma assimilação, natural e facil, entre esta noção e outras noções analogas que outr'ora lhe foram ministradas; ora, em assimilar noções está a essencia mesma da nossa potencia de acquisividade mental.

Depois de havermos considerado a Terra pelo lado da ponderabilidade, segue-se consideral-a como um «meio» em cujo seio se redistribue, sob differentes fórmas, a energia universal; ora, em tal caso, podemos começar por considerar, por exemplo, a vasta porção de energia electrica que n'ella se manifesta. Os phenomenos que ella produz, ou se manifestam na porção gazosa do nosso globo ou na porção solida e liquida: no primeiro caso, temos os meteóros igneos, como, por exemplo, o relampago; no segundo caso, temos as grandes manifestações magneticas que n'ella se revelam. Por o que respeita aos meteóros igneos, convirá definil-os na sua causa, nos seus effeitos, nas

circumstancias caracteristicas que revestem; é, com effeito, aqui e não na physica que esta ordem de manifestações encontram o seu verdaddeiro logar pedagogico. Os phenomenos magneticos que se manifestam na massa do globo terrestre, é igualmente aqui e não na physica que devem ser apresentados ao alumno; não são elles, com effeito, um grande attributo dynamico d'esse aggregado cosmico que denominamos «Terra»? E, apresentando-os n'este logar, não ha para o ensino a incontestavel vantagem pedagogica de associar, em torno do aggregado a que pertencem, todos os attributos que o caracterisam e definem? O magnetismo terrestre é, como a densidade ou o calor central, um attributo terrestre; portanto, é na geologia que deve ser enquadrado: enfeixando-o, assim, com os outros attributos do mesmo aggregado n'uma grande noção unitaria, dar-se-ha ao ensino esse alto caracter de synthese philosophica que deve ser a mais ardente aspiração do ensino médio.

Tratando, pois, o professor de apresentar ao alumno as grandes manifestações dynamicas do magnetismo terrestre, começará, é claro, por lhe dar noções, claras e nitidas, ácerca das agulhas magneticas, quando consideradas, em relação á Terra, em certas posições; depois, caracterisará a hypothese, aliás indiscutivel, das correntes magneticas ao longo do equador magnetico; depois, virá a noção de pólos magneticos, a da sua situação, etc.; como complemento, fallará das bussolas de inclinação e de declinação, destinadas, como se sabe, a apreciar as intensidades magneticas nos differentes logares e a orientar-nos na superficie do globo; depois, virá a assimilação da Terra a um vasto selenoide, a noção das differentes fórmas de equilibrio das agulhas magneticas, quando em differentes pontos da Terra, e, finalmente, a hypothese, aliás plausivel, de que a intensa energia magnetica destinada a produzir estes phenomenos póde bem ser provocada pela existencia, no interior do globo, de vastas massas de ferro, naturalmente ahi lançadas pelo seu excessivo pezo durante a phase pastosa da Terra.

Ainda como attributos dynamicos de origem electrica pode-

mos considerar esses extraordinarios e interessantes phenomenos, conhecidos pelo nome de «auroras polares»; as perturbações que, ao realisarem-se, são notadas nas agulhas magneticas não deixam, parece, duvida alguma sobre a sua natureza electrica.

519.° Dos attributos dynamicos, essencialmente electricos, passemos a ess'outra ordem de attributos dynamicos, que são devidos a vibrações moleculares e se manifestam, no globo, por phenomenos de *calor* ou *luz*.

Consideremos, primeiramente, as manifestações thermicas.

O calor que se produz no globo terrestre, é interno ou externo.

Fallando do calor interno, grande numero de noções tem o professor que apresentar ao seu alumno: primeiramente, poderá mostrar-lhe a relação existente entre as distancias geo-centripetas que se percorrem e a elevação da temperatura thermometrica; depois, não deixará de indicar o que seja gráu geocentrico, calculado, se bem me recordo, nas minas de Schemnitz por Schwartz, em cerca de $41^{m},40$; depois, mostrará como de taes factos se conclue a existencia, no interior do globo, de uma grande energia calorifica; depois, virão ainda noções sobre as aguas thermo-mineraes; sobre as rochas que, fundidas, são ejaculadas sob a fórma de lavas até á superficie; sobre vulcões activos ou extinctos, apresentando-os como grandes apparelhos naturaes destinados a pôr em communicação com o exterior as vastas massas interiores de materia em fusão; sobre as emanações gazosas dos geysers; sobre as deslocações, observadas, aqui ou acolá, na superficie do globo, etc., etc.

Depois do calor interno, vem essa outra fórma de dynamismo terrestre, a que denominamos «calor externo». Por mais complexos que sejam os phenomenos pelos quaes no globo terrestre se manifesta, todo elle é devido aos effeitos, produzidos na sua superficie, pela acção calorifica que deriva do resto da nebulosa primitiva, isto é, do Sol. A resultante thermica que, em taes circumstancias, é redistribuida na superficie terrestre,

produz um vasto effeito, que importa nitidamente caracterisar. Consiste elle em tres elementos fundamentaes: primeiramente, na intensa *evaporação* que se opéra em todas as toalhas aquosas existentes na superficie da Terra, evaporação de que resultam, na atmosphera, vastas accumulações de massas de vapor d'agua; depois, como consequencia do phenomeno anterior, na *condensação* d'essas massas de vapor aquoso, condensação pela qual se transformam, conforme a temperatura, em neve, chuva, etc.; por ultimo, como effeito final das duas operações anteriores, no grande phenomeno da *desnudação*, isto é, n'essa desaggregação lentamente operada pelas chuvas ou neves sobre a superficie preexistente do globo, desaggregação a que são devidas as rochas sedimentares. E' tão importante este grande machinismo cosmico, são para o nosso globo tão notaveis os seus effeitos, que o professor não deixará de o caracterisar, clara e nitidamente, em todas as suas circumstancias caracteristicas; e, definindo-o bem precisa e philosophicamente na sua concepção geral, não deixará igualmente de o caracterisar nos seus phenomenos componentes, isto é, n'essas manifestações a que denominam meteóros «aquosos» e meteóros «aéreos».

Em summa, vê-se claramente que, segundo a nossa coordenação methodica, todas as noções scientificas, hoje desconnexas e dispersas, mercê da profunda anarchia pedagogica que caracterisa o nosso tempo, se encadeiam natural e ordenadamente, de maneira que o alumno verá, unificados em syntheses logicas e naturaes, elementos, por tantas sciencias dispersos, do nosso saber integral.

Para terminar, diremos que, sob o ponto de vista luminoso, a Terra, desde que passou do estado estrellar ao estado planetario, nada offerece de notavel; apesar d'isso, não deixará de se caracterisar, n'este logar, o phenomeno da reflexão luminosa que a Terra produz na Lua, phenomeno tão facilmente observavel em certas phases do nosso satellite.

520.° Temos, até aqui, considerado a Terra no momento actual do seu desenvolvimento; em harmonia, porém, com o

nosso quadro de categorias, cumpre que o alumno passe a consideral-a nas variações por que passou atravez dos tempos, isto é, na sua *genese* e *evolução*. Conforme a nossa classificação anterior, é á geogenia que cumpre occupar-se do globo terrestre sob éste novo aspecto.

N'este capitulo de sciencia, cumpre, como sabemos, considerar dous pontos de vista fundamentaes: um, é o «meio» dynamico sob a influencia do qual o planeta se gerou e transforma; o outro, é a «série de phases» por que foi passando nas suas longas transformações.

Considerado sob um ponto de vista verdadeiramente philosophico, póde olhar-se como «meio» dynamico, sob cuja influencia o nosso planeta se tem transformado, o «complexo de energias thermicas» postas em acção no seio da nebulosa primitiva. Uma tal somma de energias calorificas póde, com effeito, decompôr-se em dous conjunctos de energias parciaes: para um lado, n'essa porção de calor que, dissipando-se constantemente por todo o espaço, se foi escoando d'entre as suas moleculas componentes, deixando de si os ultimos restos n'essa massa de calor, ainda hoje existente no interior do globo; para o outro lado, n'essa outra porção de calor que os restos da nebulosa primitiva continuam a emittir ao passo que a sua concentração e arrefecimento progridem. D'estas duas porções differenciadas de uma mesma energia primitiva derivam todos os agentes dynamicos que constituem o meio sob cuja influencia o nosso planeta se gerou e desenvolveu.

Se considerarmos, com effeito, as influencias produzidas pelas energias do primeiro grupo na genese e desenvolvimento do nosso globo, notaremos: que, conforme se ia dissipando o calor existente no seio da nebulosa primitiva, o grande annel circumferencial de que surgiu a Terra ia-se parallelamente condensando; que, progredindo ainda a dissipação calorifica, a materia da nebulosa, a principio altamente diffusa, foi-se agglomerando em torno d'um nucleo central; que, ainda no periodo estrellar do planeta, muitas d'essas associações de elementos

— hoje esfriados e reduzidos a grandes massas metallicas, se amontoaram no seio da atmosphera terrestre, constituindo, para o nosso globo, uma verdadeira atmosphera luminosa, isto é, a «photosphera»; que, em seguida, progredindo sempre a dissipação da energia thermica — tão intensa no seio da nebulosa primitiva, iniciou-se para a Terra uma longa série de combinações chimicas, em que, sob a acção do oxygenio, se oxyda a silica e, sobrenadando á superficie da massa terrestre em fusão — constitue uma especie de espuma siliciosa, de que resultam as rochas graniticas; que, terminado o periodo estrellar, visto que o arrefecimento progride sempre, se torna possivel operar-se a combinação do oxygenio e hydrogenio, dando, assim, origem a vastas massas de vapor d'agua que, mais tarde, irão constituir futuros mares; que, finalmente, de tudo isto resulta o apresentar-se-nos o aggregado terrestre como um grande conjuncto de materiaes, redistribuidos diversamente por essa porção de energia calorifica que, roubada á nebulosa primitiva, continuou a dissipar-se no espaço atravez dos elementos materiaes que constituiram a materia prima d'esta grandiosa fabrica.

Se, agora, considerarmos o segundo grupo de energias calorificas, isto é, aquellas com que o Sol, resto da primitiva nebulosa, ainda continua a actuar sobre a Terra, então novas transformações evolutivas haverá a assignalar. Sob este ponto de vista, convirá, com effeito, ao alumno notar: que o calor, derivado do astro central, continuou a obra de transformação, iniciada pelas energias anteriores; que, mercê da desigual redistribuição que operou nas substancias liquidas ou gazosas que cercam a Terra, uma tal transformação veio a consistir na constante *desnudação* das rochas primitivas, desnudação que foi dando origem ás rochas sedimentares; que, mechanica ou chimica, a acção de taes influencias ainda se continua, podendo dizer-se que o globo terrestre, hoje, como ha milhões de seculos, ainda desenvolve, sob as mesmas influencias cosmicas, a sua longa e dilatada evolução.

Como o alumno facilmente verá, quantas influencias cosmologicas teem operado as transformações evolutivas da Terra todas derivam d'uma só energia suprema: a energia calorifica, que do seio da nebulosa geradora constantemente deriva para o espaço.

521.° A fim de que a noção sobre a evolução terrestre fique completa, não basta caracterisar o meio dynamico sob cuja influencia se operou, e as transformações, já indicadas, que d'ella resultaram; cumpre que se caracterisem as successivas phases por que foi passando a estructura do globo: assim, reunindo estas ás variações, já indicadas, quer ácerca da fórma, quer ácerca das energias n'elle existentes, ter-se-ha um conjuncto, sufficientemente completo, das transformações que, sob o ponto de vista estatico ou dynamico, na Terra se realisaram. Ora, as phases estructuraes do nosso globo estão exactamente gravadas nas differentes séries de terrenos que, atravez da evolução terrestre, se foram constituindo: será, pois, n'este logar que o professor os passará em revista. Indicando-os por sua ordem, notará: que, primeiramente, apparece o terreno *crystallino* ou primitivo, onde se nos não depara um só traço de séres organisados; depois, virá o *primario,* que se comporá de tres andares, isto é, das camadas «cambriana» e «siluriana» e «devoniana»; acima d'estes, apparecerá o *secundario,* onde se nos revelam já os precursores do mundo organico actual; em seguida, surgirá o *terciario,* caracterisado pela existencia dos grandes mammiferos; por ultimo, apparecerá o *quaternario,* assignalado pela existencia, indiscutivel, do homem sobre a Terra.

Ao apresentar ao alumno uma tal succcessão de terrenos, o professor não deixará de os caracterisar na sua composição estructural — quer mineralogica, quer organica ou fossil, nas suas disposições, na sua grandeza e localisação, etc., etc.

Tal é, muito resumidamente, a genese e evolução do planeta que habitamos.

522.° Tal é a cosmologia na sua composição geral e na sua indole pedagogica.

*

Como o leitor facilmente veria, n'ella fundimos, ordenada methodicamente, conhecimentos que, em geral, costumam existir desconnexos e dispersos por diversas sciencias. Á cosmologia geral, que é a grande secção das syntheses racionaes organisadas pelo espirito humano ácerca do mundo cosmico, fizemos succeder a cosmologia especial, que é a descripção dos aggregados celestes, considerados na sua particularidade; na cosmologia especial fizemos entrar, como um grande capitulo, a geologia; na geologia, comprehendemos, como secção integrante, a geographia: assim, ás noções mais geraes subordinamos as que o eram menos e a estas as que o eram ainda menos, avançando sempre n'uma complexidade crescente e generalidade decrescente.

Por outro lado, guiados pelo nosso quadro de categorias pedagogicas, o qual, a par das repetidas applicações, se vae elevando á altura d'uma grande synthese de coordenação pedagogica, offerecemos ao alumno os aggregados cosmicos sob todos os pontos de vista fundamentaes: como fórmas, como estructuras, como sédes de manifestações dynamicas, como porções de materia que se geram e transformam; isto é, patenteamos-lhe as combinações effectivas que ácerca d'elles realisam a força e a materia, quer n'um dado momento, quer nas longas transformações que, na série dos tempos, em taes aggregados se opéram.

Tendo, assim, considerado uma tal ordem de aggregados — verdadeiras syntheses de mineraes ou mesmo de mineraes e sêres organisados ha muito desapparecidos, passemos a considerar ess'outra ordem de aggregados mais elevados e complexos, isto é, os sêres vivos; mais complexos, decerto, pois que, se os aggregados cosmicos são, em rigor, só compostos de elementos inorganicos, os sêres vivos são uma synthese objectiva de elementos inorganicos e organicos.

CAPITULO IV

A BIOLOGIA

I

A BIOLOGIA GERAL

Objecto da biologia. — Composição geral da biologia. — Relações entre o ensino da biologia na instrucção primaria e o que se ministra na instrucção secundaria. — Analyse geral do sêr vivo: aspecto estatico; aspecto dynamico; o meio; a genese e a evolução dos sêres vivos; o ajustamento constante dos sêres vivos ao seu meio. — Resumo das propriedades do sêr vivo, assim analysadas. — A definição geral de *vida:* apresentação d'esta grande noção como a synthese ultima das propriedades fundamentaes dos sêres vivos, anteriormente fixadas.

523.º Conforme anteriormente fizemos sentir, ao abarcar resumidamente, na sua complexidade, a chimica theorica, o nosso alumno preparou o seu espirito para se lançar em duas direcções fundamentaes: pelos conhecimentos adquiridos no campo da chimica inorganica, habilitou-se a realisar essa grande synthese objectiva, que se denomina «mundo mineralogico» e uma outra synthese de syntheses mineralogicas, que se denomina «mundo cosmico»; pelos conhecimentos adquiridos no campo da chimica inorganica e, mais ainda, da organica, preparou-se para abarcar, na sua vasta composição essencial, ess'outra synthese de syntheses inorganicas e organicas, isto é, o mundo biologico.

Assim, póde abalançar-se a penetrar no seio d'uma sciencia — a biologia, mais complexa do que todas as anteriores, porque mais concretos e complicados são os aggregados que

constituem o seu objecto. N'ella, poderá, com effeito, o leitor verificar como é permanente e invariavel esse grande parallelismo que desde tão longe havemos accentuado entre o caracter da successão em que, na esphera objectiva, se dispõem os objectos das sciencias e o caracter da successão em que, na esphera subjectiva, se dispõem as noções organisadas pelo espirito humano ácerca dos objectos das sciencias: na esphera objectiva, os mineraes são mais complexos do que os aggregados moleculares e os aggregados cosmicos mais complexos ainda do que os mineraes, e os sêres vivos — objecto da biologia, muito mais complexos do que os aggregados cosmicos, — e, assim, se vão succedendo n'uma abstracção decrescente e complexidade crescente; na esphera subjectiva, as noções que constituem a mineralogia são mais particulares do que as que constituem a chimica e as que constituem a cosmologia mais ainda do que as da mineralogia e, finalmente, as da biologia muito mais do que esse vasto grupo de relações e idéas que compõem todas as sciencias anteriores — succedendo-se, assim, em generalidade decrescente e particularidade crescente.

Em pleno terreno biologico, cumpre, pois, desde já apresentar ao leitor uma idéa summaria do objecto da biologia, da sua composição geral e das relações pedagogicas em que se encontram as secções d'esta grande sciencia, attribuidas, na nossa concepção pedagogica, aos dous grandes ramos da nossa instrucção integral — o primario e o secundario; e, só então, passaremos a indicar resumidamente a feição pedagogica que, na nossa opinião, deverá dar-se, no ensino médio, á sciencia que presentemente nos occupa.

524.° O objecto, em toda a generalidade, da biologia são esses aggregados a que denominamos «sêres vivos». Definir um «sêr vivo» é caracterisar, pelas suas propriedades fundamentaes e especificas, uma d'essas noções supremas que, do alto da sua elevada generalidade, dominam uma sciencia inteira; ora, enfeixar n'uma noção geral todos os attributos, essenciaes e indiscutiveis, que, fundidos, hãode constituir a idéa do

sêr vivo, é colligir os variados resultados de longas séries de observações, é identifical-os pelas suas analogias ou separal-os pelas suas differenças, é, finalmente, integral-os n'essa synthese suprema, que constituirá para nós a larga noção geral destinada a definir perante o espirito humano o que denominamos «vida»: é evidente, pois, que uma tal synthese só póde derivar d'uma analyse, mais ou menos profunda, exercida sobre os factos, analyse que n'um ensino biologico racional o proprio alumno deve realisar. Pelo que deixamos dito, vê-se, pois, claramente qual deverá ser o objecto da biologia na sua acção geral; consistirá, a final, em organisar sobre os factos observados essa grande synthese destinada a resumir para nós a propriedade mais fundamental que caracterisa os sêres vivos, isto é, a energia vital.

Pois que os sêres vivos podem considerar-se em geral e em particular, a biologia differenciar-se-ha, como as sciencias anteriores, em geral e em especial: a primeira, occupar-se-ha dos sêres vivos em geral, considerando-os sob o ponto de vista que, ainda agora, acabamos de indicar; a segunda, dos grupos de sêres vivos que, no mundo biologico, fôr possivel organisar. Sendo, por outro lado, sabido que os sêres vivos se podem, desde logo, reduzir a dous vastos grupos caracteristicos — os vegetaes e os animaes, claro é que a biologia especial virá a subdividir-se em dous largos grupos de noções: um — a phytologia, terá por objecto os vegetaes; outro — a zoologia, occupar-se-ha dos animaes.

Tomando em mão cada um d'estes dous grandes ramos da biologia, pois que ácerca dos seus respectivos objectos é possivel, quer organisar syntheses geraes que a todos se appliquem, quer redistribuil-os em grupos particulares e descrever-lhes as suas propriedades especificas, claro é que aquellas duas secções da biologia se subdividirão, ainda, em novas secções: a phytologia, em geral e em especial; a zoologia, igualmente em geral e em especial. Passando, agora, a considerar, ainda, quer a phytologia especial, quer a zoologia especial, pois que vegetaes e

animaes podem considerar-se n'um dado momento da sua existencia ou na sua genese e desenvolvimento, aquellas duas sciencias apresentar-nos-hão novas subdivisões: a phytologia, terá de subdividir-se em phytographia e phytogenia, conforme tiver por objecto descrever os typos dos varios grupos em que o mundo vegetal se differencia, ou então consideral-os na sua genese e evolução; a zoologia, subdividir-se-ha em zoographia e zoogenia, conforme se occupar, sob os mesmos pontos de vista, dos animaes.

Em summa, considerada na sua vasta extensão, assim como os sêres vivos se vão differenciando em grupos ao tornarem-se mais e mais complexos, assim a biologia se vae dividindo e subdividindo em secções e subsecções, conforme se vae tornando mais e mais complexa; e assim, a par da complexidade do objecto, operada na esphera objectiva, avança a particularidade das noções que, na esphera subjectiva, se organisam. Na sua composição, a biologia é, pois, um longo e systematico encadeado de noções, que umas ás outras se subordinam; em cima, condensam-se os principios destinados a constituirem a biologia geral — vasto complexo de experiencias racionaes, organisadas á custa de observações que se operaram em toda a extensão do mundo biologico; mais abaixo, subordinam-se-lhe a phylotogia e zoologia geraes, novos grupos de syntheses racionaes, que se realisaram em toda a extensão do mundo vegetal e animal; mais abaixo, ainda, apparecer-nos-ha, finalmente, a phytologia e a zoologia especiaes, as quaes terão por officio, cada uma na sua esphera, redistribuir em grupos e descrever e localisar na superficie da Terra os sêres de que particularmente se occupam.

Considerando, agora, todo este vasto conjuncto sob o ponto de vista das operações mentaes que em toda a sua extensão o espirito humano realisa, novas conclusões, de alta utilidade pedagogica, é possivel estabelecer.

Primeiramente, a biologia geral apresenta-se-nos, como veremos, sob o aspecto d'um largo complexo de inducções,

operadas sobre a totalidade do mundo biologico e destinadas a elevarem o espirito humano até á concepção de grandes syntheses organisadas, que constituirão para elle verdadeiras leis coordenadoras do mundo dos sêres viventes; como inducção suprema — somma de todas essas inducções fundamentaes, apparecer-nos-ha, dominando a sciencia biologica, a definição de *vida:* assim, fundindo tantas noções particulares n'uma noção suprema, a biologia geral offerecer-nos-ha um caracter de unidade sufficientemente systematica.

Considerando a biologia geral sob o ponto de vista pedagogico, apresentar-nos-ha ella o aspecto d'um grande conjuncto de inducções, que o alumno organisará « conscientemente », fundindo, assim, n'uma grande noção scientifica as noções, dispersas e desconnexas, que o ensino primario lhe ministrára (253 e seg.) ; depois, uma vez organisadas essas noções geraes, irá applical-as aos variados factos particulares de que se occupam os ramos divergentes da biologia especial, isto é, porá em acção essa importante operação que denominamos « deducção », avançando, assim, do geral para o particular: d'esta maneira, terá o leitor occasião de vêr, a exemplo do que já notamos n'outras sciencias, como, no ensino médio, o estudo da biologia se inicia pela apresentação de grandes syntheses geraes, obtidas por uma inducção consciente, e se continua, depois, pela applicação deductiva de taes syntheses aos variados casos particulares que offerece á nossa contemplação o mundo biologico. Assim, n'uma concepção pedagogica racional e unitaria, tudo são assimilações e assimilações de assimilações, vindo a sciencia geral a constituir-se, na sua essencia, por uma longa e verdadeira série de coordenações, tendo por objecto encadear essas assimilações.

Considerando, ainda sob o ponto de vista pedagogico, os dous grandes ramos da biologia geral, isto é, a phytologia e a zoologia, na sua secção geral apresentam o mesmo caracter logico que nos revelou a biologia geral; nas suas secções especiaes, são, porém, verdadeiros typos de sciencias de *classificação* e *descripção:* em nenhum dos ramos do saber humano

póde, com effeito, o espirito do alumno adaptar-se mais perfeitamente a classificar e descrever aggregados do que na zoologia e botanica, pois que em nenhum outro se lhe deparam sob tão variados pontos de vista. Consideradas pelo lado da adaptação *educativa*, a zoologia e botanica são, vê-se bem, sciencias do mais alto interesse pedagogico.

525.° Dada assim uma idéa geral ácerca do objecto e composição da biologia, segue-se indicar as relações em que, na nossa concepção pedagogica, se encontra a parte da biologia ensinada na instrucção primaria com a parte que ao alumno vae ministrar-se no ensino secundario ou médio.

Para que o alumno possa, no periodo do ensino medio, iniciar, desde logo, n'este ramo do saber humano os seus estudos pela biologia geral, era indispensavel para o seu espirito o estar de posse de um grande numero de factos, destinados a servirem de base empyrica ás syntheses racionaes que constituem o seu objecto; ora, em harmonia com o caracter geral da nossa concepção pedagogica, cabe exactamente ao ensino primario o grande papel de fornecer ao alumno tão importante material. N'este grande ramo do nosso saber integral, o alumno foi, com effeito, conduzido de maneira que, decompondo e recompondo a vasta multidão de sêres vivos que na superficie da Terra se lhe offerecem, pôde tomar conhecimento dos seus elementos componentes e organisar espontaneamente, ácerca d'elles, um complexo, vasto e importante, de noções empyricas (258 e seg.).

Dos attributos exteriores que os caracterisam, passou aos seus attributos interiores; das propriedades mais salientes, desceu até á contemplação das cellulas que os compõem; depois, recompondo com os abstractos componentes os aggregados concretos que havia decomposto, elevou-se de novo até a contemplação, em synthese clara e definida, dos aggregados que a principio contemplára: parallelamente, ácerca de cada elemento que a decomposição objectiva trazia a lume, foi espontaneamente organisando noções empyricas, elementares e desconnexas; e,

assim, por via de generalisações inconscientes organisava idéas geraes ácerca dos vegetaes ou animaes ou orgãos ou tecidos ou cellulas, e, por meio de inducções espontaneas, architectava, em relação aos mesmos objectos, um grande numero de experiencias empyricas organisadas.

Tal é a preparação de que o armára o ensino primario.

Presentemente, assim armado, iniciará o seu aprendisado scientifico da biologia pela contemplação, em toda a generalidade, do «sêr vivo»; depois, passará a contemplal-o sob todos os aspectos fundamentaes que o nosso quadro de categorias pedagogicas faz prevêr; depois, organisará conscientemente a longa série de noções geraes e de inducções que, ácerca d'um tal objecto, construe a biologia geral; havendo fundido nas syntheses racionaes, assim organisadas, as syntheses empyricas e desconnexas que o ensino primario lhe fornecêra, passará a reduzir os sêres vivos a vastos grupos e a grupos de grupos; depois, passará, finalmente, a descrevel-os, applicando a cada grupo as syntheses geraes que a biologia geral organisára: vê-se, pois, que, havendo percorrido um longo circuito, o espirito do alumno terminará por contemplar, no ensino médio, os factos d'onde, no ensino primario, partira, mas, agora, fundidos como casos particulares na vasta synthese racional que constitue o objecto de toda a biologia.

Assim, na nossa concepção pedagogica tudo se funde, auxilia e completa.

526.º Feitas estas considerações, passemos a indicar qual o caracter essencial que deverá revestir a apresentação pedagogica da biologia geral.

Primeiramente, cumpre, desde já, accentuar que «um sêr vivo» é, a final, um aggregado biologico, considerado em toda a sua abstracção conceptual; portanto, hade haver n'elle todos os pontos de vista, sob os quaes, em harmonia com o nosso quadro de categorias pedagogicas, é d'uso considerarmos os varios aggregados que compõem a estructura do mundo. Ora, a ser assim, o sêr vivo hade considerar-se n'um dado momen-

to da sua existencia ou nas suas variações; considerado n'um dado momento da sua existencia, hade encarar-se sob o ponto de vista estatico — offerecendo-nos uma fórma e uma estructura, e sob o ponto de vista dynamico — apresentando-nos attributos dynamicos que derivem da energia universal n'elle redistribuida; considerado nas suas variações, hade haver n'elle uma genese e uma evolução. Que o alumno colha noções, claras e nitidas, ácerca de todos estes aspectos do sêr vivo, e, fundindo-as n'uma noção mais geral, poderá então elevar-se até a propria noção de *vida*, tal, por menos, como é dado estabelecel-a á imperfeição e curteza do saber humano. Em summa, guiando-nos pelo nosso quadro de categorias pedagogicas, estudaremos o sêr vivo sob todos os seus aspectos fundamentaes; fundindo as conclusões, assim estabelecidas, n'uma noção suprema, elevar-nos-hemos até á propria noção de vida; reunindo n'uma unidade intima os factos e as noções d'elles derivadas, offereceremos ao alumno, nitidamente systematisada, a essencia da biologia geral: assim, pela rigorosa generalidade das suas applicações, o quadro pedagogico a que nos referimos (473), adquirirá o valor d'um grande processo de coordenação, destinado a dominar, a toda a altura, essa sciencia dos aggregados que em si comprehende a chimica, a mineralogia, a cosmologia, a biologia, a anthropologia e a sociologia.

527.° Seguindo, pois, esta linha de conducta, cumpre que, primeiramente, apresentemos ao alumno os *elementos* que entram como componentes nos sêres vivos.

Naturalmente, é o mundo inorganico que os fornece, e, além d'outros, são elles: o carbonio, o oxygenio, o hydrogenio e o azote. Combinados entre si, dão-nos os compostos organicos, mais ou menos inertes, mais ou menos estaveis, mais ou menos diffusiveis. O carbonio é solido e caracterisa-se por fortes affinidades; o oxygenio e o hydrogenio são gazosos, instaveis e revelam natural tendencia a combinar-se com os outros elementos; o azote é gazoso, instavel e revela tenues affinidades: em summa, um d'elles está evidentemente talhado para

centro attractivo de todos os outros, vindo elles todos a formar, dadas as suas propriedades caracteristicas, compostos *incoherentes* e *instaveis*, bem proprios para servirem de estofo á elaboração dos sêres vivos. D'esta materia prima, com effeito, é que, sob a acção d'essa fórma de energia universal a que se denomina «energia vital», deriva essa substancia, extremamente *instavel* e *diffusivel*, o «protoplasma», ultimo substractum a que póde reduzir-se a materia vivente. E, dadas por um lado as substancias organicas e dada por outro a substancia plasmatica, por via de que tramites mysteriosos é possivel umas transformarem-se n'outra? Como é que d'um pequeno grumo de albumina deriva o mais elementar de todos os sêres vivos — o simples protoplasma? Eis um problema que em si synthetisa a essencia mesma da vida, e que ao espirito humano talvez nunca seja permittido resolver.

H. Spencer, lançando-se evidentemente no campo d'uma arrojada methaphysica, suppõe que o protoplasma não passa, a final, d'um aggregado de «unidades physiologicas», especie de moleculas vitaes, em extremo plasticas, caracterisadas por complexas propriedades polares, instaveis, e, finalmente, agglomeradas em aggregados d'uma intensa instabilidade. Assim, taes unidades physiologicas serão o termo que, avançando de decomposição em decomposição, iriamos deparar como irreductivel nos mysteriosos recessos dos sêres vivos. A opinião de H. Spencer é, evidentemente, uma hypothese sem base scientifica solida. Se fôra possivel dar todo o caracter de positividade a uma tal concepção, haveriamos penetrado nos segredos que envolvem a essencia mesma da vida; falta-lhe, porém, base solida em que assente. Na nossa opinião, será vedado, por muito tempo, ao espirito humano, se o não fôr para sempre, o resolver satisfactoriamente tão árduo problema; de maneira que, reconhecendo a limitação das suas forças e pondo, portanto, de parte a ambição de penetrar na essencia mesma dos mysterios da vida, só lhe ficará o poder definil-a, enfeixando n'uma fórmula synthetica e unitaria as suas manifestações exteriores mais

irreductiveis e fundamentaes. Por menos, será assim que, n'este Tratado, procederemos.

Em summa, do que havemos dito façamos concluir ao alumno: que as substancias organicas, de si já bastante instaveis, se transformam mysteriosamente n'outras — ainda mais instaveis e diffusiveis, isto é, nas substancias plasmaticas; que, se nas substancias inorganicas a energia universal apenas se manifesta sob essas variadas fórmas que reveste em toda a extensão do mundo não organisado, nas substancias plasmaticas já se nos offerece com todos esses caracteres sob que ordinariamente se manifesta no mundo da vida.

528.º Tendo o alumno conhecimento dos elementos destinados a constituirem o estofo de que vão ser elaborados os sêres vivos, cumpre passar a apresentar-lh'os sob o ponto de vista das *fórmas* sob as quaes se nos apresentam em toda a extensão do mundo biologico.

N'este ponto, começaremos por chamar a attenção do alumno para factos biologicos, d'onde seja possivel, por via d'uma identificação bem ordenada, elevar-se este á concepção d'um certo numero de noções geraes que venham a aggregal-as em syntheses bem definidas e fixas. Ora, realisando uma tal identificação, elle reconhecerá que as fórmas sob que se nos apresentam os sêres vivos podem aggregar-se em «symetricas» e «assymetricas», podendo, ainda, subdividir as primeiras em fórmas de symetria total ou espherica ou radiar e em fórmas de symetria parcial. Os factos parecem, com effeito, confirmar esta generalisação. Assim, para citar alguns exemplos, o volvox e o protoccocus nivalis, pois que são esphericos, apresentam uma symetria total; certas flores, como a tulipa, quando o eixo é longo e vertical apresentam-na radiar; no melitol, ha a assymetria; os vermes da terra offerecem-nos uma symetria bilateral; os nudo-heliosauros, pertencentes ao grande grupo dos radiarios, teem-na espherica; os ctenophoros, finalmente, classificados no grupo dos celenterados, revelam-se-nos sob uma fórma que podemos considerar como a d'uma symetria bilateral:

em summa, será, guiando o alumno de modo que elle observe estes e muitos outros factos, que o professor lhe deverá erguer o espirito até á generalisação das fórmas organicas. Ora, por uma inducção consciente e reflectida é que elle o levará a organisar no seu espirito tão amplas syntheses morphologicas.

529.º Conforme o nosso quadro de categorias, depois das fórmas veem as *estructuras* organicas. N'este ponto, uma longa e reflectida inducção leva-nos á conclusão «de que, no seu conjuncto geral, as estructuras organicas se vão progressivamente complicando, de maneira que se nos apresentam como caracterisando, sob o aspecto estructural, aggregados de 1.ª ou 2.ª ou 3.ª ordem». Como aggregados de 1.ª ordem, podem considerar-se os monocellulares; como aggregados de 2.ª ordem, os cellulares, cujos elementos se unem, entre si, em intimidade pouco intensa; como aggregados de 3.ª ordem, devemos, finalmente, considerar todos aquelles em que os elementos cellulares se ligam, entre si, tão intimamente que chegam a fusionar-se, dando origem a determinados systemas e orgãos. Esta generalisação, devida a Spencer, tem solida base nos factos, e, como tal, deve ser apresentada ao alumno. Assim, o protoccocus offerece-nos o exemplo d'um organismo monocellular, que existe em completa independencia e liberdade; como taes, devemos igualmente considerar as diatomeas e certas algas como, por exemplo, o *Iodium adherens;* as amibas, os sporosoarios, os foraminiferos como a agrovia oviforme, são outras tantas unidades vivas, a que podemos, sob o ponto de vista estructural, denominar «de 1.ª ordem».

Desde que muitas cellulas se aggregaram em intimidade pouco intensa para constituirem o sêr vivo, apparecem-nos os aggregados de 2.ª ordem; são-no, com effeito, os volvox, os grupos cellulares da *torula cerevisae,* os aggregados foliares da ulva linza, e, finalmente, os animaes do vasto grupo dos celenterados. Aos aggregados estructuraes de 3.ª ordem pertencem todos os vegetaes e animaes superiores; são-no já, no mundo vegetal, typos organisados como, por exemplo, a *delisseria*

sanguinea; são-no, no mundo animal, os arthropodes e os molluscos.

Tal é, sob o ponto de vista estructural, o mundo dos seres vivos.

530.° Depois de considerados sob o aspecto estatico, segue-se considerar sob o *aspecto dynamico* os aggregados biologicos. E' o que vamos fazer.

Seguindo sempre o nosso quadro de categorias, seria como uma «totalidade subjeita á acção das energias exteriores» que deveriam, agora, considerar-se os sêres vivos; n'este ponto, porém, nada apresentam de notavel, visto que, subjeitos á gravidade como as massas inorganicas, como ellas se completam em relação a essa força, não offerecendo, portanto, nada de caracteristico e notavel.

Passando, por isso, a considerar os sêres vivos como «meios» em cujo seio se redistribue a energia universal, cumpre apresental-os ao alumno sob esta nova face, uma das mais interessantes sob que elles se nos manifestam. Pondo de parte, como muito particulares, certas redistribuições de energia sob a fórma de vibrações luminosas — vibrações a que podem servir de typo as que se realisam em certos animaes aquaticos vivendo nas grandes profundezas oceanicas, pondo ainda de parte as manifestações de energia electrica que se produzem, por exemplo, no gymnoto, dous aspectos fundamentaes reveste a energia, quando se manifesta nos sêres vivos: por um lado, apresenta-se-nos como «thermica» e constitue, então, o calor vegetal ou animal; por outro, revela-se-nos como «attractiva e repulsiva», quer em relação aos elementos de que o aggregado se compõe, quer em relação aos elementos de que se compõe o meio onde se desenvolve.

Ponhamos ainda de parte o calor vegetal ou animal, sobre o qual o professor póde dar ao alumno noções do maior valor, e, para nos não alongarmos, consideremos essa segunda manifestação de energia — a attractividade ou não attractividade biologica.

Primeiramente, a energia attractiva ou repulsiva que entre os seus elementos se manifesta póde considerar-se sob duas fórmas: sob a primeira, apresenta-se-nos essa porção de energia que prende, entre si, os differentes elementos componentes do sêr vivo, energia que se caracterisa essencialmente pelo facto de produzir para o aggregado vivo um *equilibrio verdadeiramente instavel;* sob a segunda, offerece-se-nos ess'outra porção d'energia, mercê da qual o sêr vivo se *irrita* sob a influencia dos elementos existentes no meio e *reage* consequentemente sob as molas d'uma tal irritabilidade, a fim de, mercê d'esse duplo fluxo de irritabilidade e reactividade, *integrar* na propria substancia os elementos do meio, ou então, por via d'essas manifestações de irritabilidade e reactividade, *desintegrar* de si mesmo, enviando-os para o meio, novos elementos. *Irritabilidade e reactividade do sêr vivo — tendo como resultante uma* INTEGRAÇÃO *de materia, e irritabilidade e reactividade do sêr vivo — tendo como resultante final uma* DESINTEGRAÇÃO *de materia, tudo isto acompanhado de calor,* eis ao que se reduzem as mais fundamentaes manifestações de energia que se revelam no seio dos aggregados vivos, isto é, essas manifestações dynamicas que denominamos «funcções vitaes».

Como o leitor vê, a noção que acabamos de apresentar é a resultante d'uma larga e ampla generalisação. Reduzir, com effeito, as funcções mais fundamentaes da vida a simples manifestações activas e reactivas da energia universal — manifestações acompanhadas de calor, e tendendo, em relação ao sêr vivo, a uma integração ou desintegração de substancias, é condensar n'uma fórmula, simples e unitaria, os resultados que derivam de longas observações, operadas, atravez de mil transformações estructuraes, em toda a série dos sêres vivos.

Para que o alumno se erga até ella, a extraha dos factos, a organise, consciente e lucidamente, em toda a plenitude e clareza, hade, guiado pelo professor, emprehender uma longa peregrinação atravez do mundo biologico, escalpellar as mil variedades de estructuras que se lhe apresentam, registrar — no

fundo de todas ellas, essas similaridades dynamicas que se revelam nas manifestações da energia vital, e, finalmente, sommar todas essas similaridades particulares, integral-as n'uma relação geral e constituir, assim, uma experiencia racional organisada, larga e potente. A titulo de exemplo pedagogico, vamos indicar alguns factos que poderão servir de base a uma tal generalisação, factos que servirão, ao mesmo tempo, para mostrar ao leitor como n'ella se reune o que ha de mais fundamental no dynamismo vital.

531.º Primeiramente, é evidente que as mil variedades que, nas suas estructuras, nos offerecem os aggregados do mundo biologico, são um producto d'essa porção de energia universal que, tornando-se funcção vital, vae redistribuir-se no seio do sêr vivo. A immensa massa de energia que satura o universo, aqui gravidade, alli electricidade, acolá calor, mais além luz, actuando sobre essas porções de substancias instaveis, á custa de cujos materiaes são elaborados os sêres vivos, transforma-as, differencia-as, vitalisa-as; e de toda essa mysteriosa acção deriva, como effeito, a variedade estructural que se manifesta no mundo dos sêres vivos. Ora, pois que a variedade estructural é um effeito da funcção vital, se os factos nos mostrarem que d'uma tal variedade nas estructuras o espirito se eleva constantemente até á concepção d'uma rigorosa identidade na essencia das funcções, claro é que, por debaixo d'essa variedade estructural hade surgir, clara e nitida, a unidade funccional, na nossa fórmula geral crystallisada. Como realmente assim acontece, vamos dar ao professor estudioso um exemplo de como uma tão importante inducção póde effectuar-se.

Em certos organismos, a estructura sob a qual se nos revelam, é perfeitamente indifferenciada e homogenea; mas, pelo seu lado, as funcções vitaes reduzem-se tambem a um fluxo de irritabilidades e reactividades, acompanhado de desenvolvimento de calor e tendendo sempre a integrar no sêr vivo substancias que lhe convém ou a desintegrar d'elle as que o prejudicam. Assim, nas moneras — simples grumos esphericos de protoplas-

ma, a par da indifferenciação absoluta de estructura lá se encontram as manifestações da energia vital sob as fórmas que acabamos de indicar. Vivendo na agua, qualquer particula alimentar que venha a tocar-lhes a superficie provoca n'ellas uma irritação; a esta succede immediatamente a reacção necessaria para absorver a particula alimentar, fundindo-se, a final, todas estas operações n'uma verdadeira integração da particula na propria substancia: por outro lado, a existencia, no interior da monera, de substancias que, mercê de mysteriosas transformações, se tornaram em detrictos organicos, provoca uma excitação intima; e a esta succede naturalmente a reacção necessaria para eliminar a substancia nociva, isto é, esta nova série de operações veem, em ultima analyse, a fundir-se n'uma verdadeira desintegração de particulas que a monera opéra no seu seio.

Tomando para ponto de partida um sêr estructural tão simples — sêr que nem é animal nem vegetal, e seguindo atravez do mundo vegetal e animal, acompanhemos, agora, a par das mil differenciações estructuraes dos organismos, a permanente identidade essencial das funcções fundamentaes.

No grupo, por exemplo, dos protozoarios, é já extremamente palpavel a differenciação das estructuras: nas amibas, apparece, a mais do que nas simples moneras, um nucleo protoplasmico; nas gregarinas, ha já um nucleo e uma membrana; nos radiarios, em geral, a membrana transforma-se n'uma carapaça. Ora, em qualquer d'estes aggregados, apesar mesmo da sua differenciação estructural insufficiente, a identidade das funcções vitaes, tal como a nossa fórmula a caracterisa, é sempre evidente: acções e reacções — tendendo a integrar ou desintegrar substancias, effectuam-se em toda a massa e com os caracteristicos anteriores. Mas já, dentro mesmo do grupo dos protozoarios, n'um infusorio ciliado, por exemplo, na *paramaecium aurelia,* observa-se uma saliente differenciação de estructuras, á qual corresponde, porém, a identidade funccional que preconisamos. N'este aggregado ha, com effeito, dous agrupamentos

estructuraes de cellulas, perfeitamente distinctos, ligando-se um á fórma de actividade vital que tende á integração, e o outro á fórma de actividade vital que tende á desintegração; e, assim, o grupo cellular que se prende á actividade integrativa apresenta-se-nos sob a fórma d'um tubo digestivo rudimentar, com um orificio similhando uma bocca e um canal esophagiano e um anus; por outro lado, o grupo cellular que se prende á actividade desintegrativa mostra-se-nos em certos «vacuolos contracteis», primeiro e rudimentar specimen d'um apparelho de eliminação. Vê-se, assim, que, no primeiro grupo, a irritabilidade e a reactividade cellular darão para resultado ultimo a integração, na substancia viva, de particulas alimentares; no segundo, a irritabilidade e a reactividade darão para resultado ultimo operações que virão a prender-se com a desintegração dos detritos organicos.

Nos ctenopheros, grupo dos celenterados, aquella differenciação estructural persiste, mas d'ella deriva igualmente para o espirito a identidade funccional que, até aqui, havemos observado. Em geral, o typo celenterado reduz-se a uma cavidade gastrica, a alguma cousa que se parece com um dedo de luva: a parede exterior é o «ectoderme»; a parede interior é o «entoderme»; o espaço que medeia entre as duas é o «mesoderme». Ora, esta cavidade, assim descripta, é, a final, um verdadeiro tubo digestivo, isto é, um aggregado de cellulas destinadas a localisarem em si as excitabilidades e reactividades necessarias para se operarem as integrações organicas, realisando-se a identidade funccional que estamos preconisando. Nos ctenopheros, além d'essa cavidade digestiva, ha um systema de canaes transversaes, ou seja um apparelho *aquifero*, isto é, um verdadeiro grupo de cellulas postas ao serviço da desintegração organica; mas a funcção resume-se sempre n'uma integração e desintegração de substancias.

532.° A excitabilidade e a reactividade em connexão com as duas operações oppostas — a integração e a desintegração, teem-nos apparecido, até aqui, differenciadas, pelo facto de se

localisarem em systemas distinctos de cellulas, mas indifferenciadas por o que se refere á natureza variada das substancias a integrar ou desintegrar. Ora, uma especialisação na natureza de taes substancias arrasta comsigo uma especialisação nas estructuras que ficam sob a sua influencia, especialisação estructural que, atravez da sua variedade — mais e mais complexa, nos leva sempre a essa identidade fundamental, que se revela, sempre, no fundo do dynanismo vital.

Os agentes que, existindo no meio ambiente, cercam o aggregado vivo, podem actuar sobre elle, quer por contacto immediato, quer a distancia, isto é, por intermedio dos effeitos dynamicos que produzem; n'um e n'outro caso, variará, ainda, a sua acção, conforme fôr solida ou liquida ou gazosa a massa actuante ou conforme forem diversos os effeitos dynamicos que de taes massas derivem: ora, a todas estas variações no modo de ser que revestem os agentes do meio correspondem, nos aggregados vivos, outros tantos modos de ser na redistribuição dos elementos que lhes compõem a estructura, correspondem, emfim, apparelhos, orgãos, estructuras diversas; mas do fundo d'uma tal variedade de estructuras eleva-se, nitida e indubitavel, a identidade funccional que, nos aggregados vivos, reduz todas as fórmas de energia a simples excitabilidades e reactividades, acompanhadas de manifestações thermicas e visando a integrar ou desintegrar substancias na massa do aggregado. Assim, considerando, primeiramente, as estructuras que, nos organismos, correspondem ás substancias destinadas a actuarem sobre elles por contacto, na *hirundo medicinalis*, por exemplo, são ellas ainda completamente indifferenciadas: duas longas séries parallelas de cavidades esphericas, communicando entre si e com o exterior por canaes convenientemente dispostos, condensam em si a excitabilidade e reactividade necessarias para a eliminação das substancias gazosas e solidas e liquidas; por outro lado, pois que por via d'elle são absorvidas as substancias gazosas, é o grupo cellular que nos occupa um apparelho de natureza «mixta» por o que respeita a essas substancias gazosas,

pois que as absorve e as elimina. Ora, no meio d'esta differenciação, que é, ainda assim, rudimentar, a identidade funccional fundamental revela-se, clara e nitidamente: a differenciação estructural está, como se vê, em inteira connexão com as simples excitações e reacções, tendo por unico alvo uma d'estas duas fórmas d'actividade—integrar ou desintegrar substancias.

Se os agentes exteriores actuam, a distancia, nos aggregados vivos por via d'esses effeitos dynamicos que denominamos «temperaturas, sonoridades, etc.», a uma tal acção ambiente corresponderá naturalmente uma differenciação de estructuras apropriadas a excitarem-se e a reagirem sob taes impressões, differenciação que, em todo o caso, nos levará sempre á identidade funccional que a nossa fórmula preconisa. A differenciação estructural a que nos estamos referindo é um apanagio dos aggregedos altamente complexos; por isso, não existe nos vegetaes que, comparados aos animaes inferiores, podem julgar-se como essencialmente rudimentares. Nos animaes inferiores, só existe quando certas cellulas se agrupam para constituirem um systema nervoso, com receptaculos exteriores igualmente definidos. Assim, é no grupo das turbellarias que se nos apresenta um dos primeiros exemplos de differenciação estructural, destinada a consubstanciar em si a excitabilidade e a reactividade, postas em jogo pelas vibrações luminosas; nas planarias d'agua doce, ha massas pigmentares que são um rudimento do apparelho ocular, e certos musculos destinados a servil-o: se uma porção de substancia alimenticia se approxima, a excitabilidade do pigmento, posta em jogo pelas irradiações de genero luminoso derivadas do alimento, entra em acção; a reactividade dos musculos, destinados a apprehendel-o, corresponde-lhe; o alimento é absorvido e, mais tarde, mercê de novas acções e reacções, integrado.

Este mechanismo, tão rudimentar na planaria, vae-se complicando e especialisando, podendo, assim, vibrar sob a influencia de todos os generos de impressões que o meio envie. Assim, da substancia nervosa forma-se, mais tarde, um nervo

optico, uma retina, uma membrana pigmentar; da epiderme, forma-se um crystallino, um corpo vitreo, uma capsula vascular do crystallino: em summa, ha uma differenciação, quer em partes excitaveis e partes refringentes ou reforçadoras das vibrações luminosas, quer em elementos musculares destinados a apropriarem ou affastarem a acção luminosa, isto é, em orgãos de irritabilidade e de reactividade, destinados a affastarem e a approximarem o que auxilia, directa ou indirectamente, as integrações e desintegrações organicas.

Como as excitações luminosas, as sonoridades não existem para os aggregados rudimentares; um tal grupo de excitabilidades e reactividades em balde se tentará descobrir em sêres tão simples como são, por exemplo, os protozoarios ou os ctenopheros.

Que eu saiba, é nos molluscos cephalopodes que, pela primeira vez, se encontra o quer que seja d'um ouvido, em todo o caso reduzido a pequenos saccos contendo o liquido vibrante saturado de granulações calcareas; para estes animaes, ha, porém, já a sensação auditiva localisada e as reacções concomitantes: e, assim, se um objecto capaz de se manifestar por sonoridades convém ao organismo, uma excitabilidade e reactividade apropriadas entrarão em jogo, o objecto será apropriado e irá favorecer o fluxo e refluxo das integrações e desintegrações organicas. Depois, o orgão das sonoridades amplia-se, ao passo que o animal se eleva na escala: nos crustaceos, compõe-se d'um orificio oval, d'um sacco auditivo coberto de sedas vibrateis e d'um liquido que o enche, contendo corpusculos calcareos; nos peixes, ha apenas um ouvido interno; nos amphibios, ha já um ouvido interno e um médio; nas aves e mammiferos, o ouvido adquire toda a sua complexidade estructural. Mas, no fundo da differenciação, mais e mais progressiva, da composição estructural do orgão auricular a identidade funccional revela-se constantemente: o dynamismo auditivo reduz-se constantemente, na essencia, a simples excitabilidades e reactividades, postas em jogo sob a influencia das vibrações sonoras

e destinadas, em ultima analyse, a favorecerem o fluxo do integrar e desintegrar constante de substancias que se realisa no seio dos sêres viventes.

Assim, quanto mais vamos subindo na escala zoologica mais se vão complicando as estructuras e, na apparencia, mais se vão complicando as funcções: no fundo da variedade das estructuras permanece, porém, sempre a identidade d'essa unica funcção a que podem reduzir-se todas as manifestações do dynamismo vital. No homem, por exemplo, as suas excitabilidades e reactividades integrativas ou desintegrativas revelam-se-nos em complicados apparelhos, nitidamente differenciados e especialisados: o apparelho digestivo é constituido por uma longa série de elementos morphologicos, em geral destinados a realisarem operações que se fundem com a integração vital; o pulmonar, é mixto; o eliminador, é um filtro organico destinado a servir a desintegração; o circulatorio, é igualmente mixto, pois que serve aquellas duas fórmas da actividade vital; o systema nervoso, ramificando-se por todas as regiões do organismo, é, a final, a grande séde differenciada de todas as ordens de acções e reacções, integrativas ou desintegrativas. Comparando, pois, o homem, que é o sêr vivo mais complexo, com a monera, que é o mais rudimentar, vê-se, bem claramente, que, ou varie a composição estructural ou seja rigorosamente homogenea, ou haja uma emaranhada complicação de orgãos ou se fundam n'uma simples massa protoplasmica, no fundo, ha sempre uma *identidade* absoluta nas manifestações dynamicas; isto é, o que denominamos «funcções physiologicas» — digestivas ou circulatorias ou eliminadoras ou mesmo mentaes que sejam, são apenas aspectos diversos de jogos de excitabilidades e reactividades, tendendo a produzir, no sêr vivo, integrações ou desintegrações.

Assim, a energia universal, ao diffundir-se pelo universo, reveste as mais variadas fórmas: nos mineraes, é calor ou sonoridade ou ponderabilidade ou luz iriada, etc.; nos aggregados cosmicos, é ponderabilidade ou attractividade ou calor, etc.;

nos sêres vivos, é, principalmente, integração e desintegração perennes e intensas, que se desenvolvem constantemente nos seus mais fundos recessos organicos e se manifestam, sempre identicas, atravez da variabilidade assombrosa das differenciações estructuraes n'elles manifestadas.

533.º O fluxo constante de integrações e desintegrações a que se reduz todo o dynamismo vital, é da mais alta importancia como base de uma sociologia bem organisada; e, ao systematisal-a, teremos occasião de mostrar ao leitor que, no fundo, toda a vida social se libra em torno d'este grande eixo biologico: a condição, com effeito, que impelle o homem até aos maximos sacrificios, o terror que nos affasta dos objectos perigosos, o egoismo que accende todas as luctas sociaes, as guerras sem treguas que os homens travam entre si, o proprio humanismo que adoça os caracteres dos povos — tudo são manifestações, embora longinquas, d'esse fluxo operado pelo integrar e desintegrar constante, que constitue a base da vida humana. Se a esphera da integração se alarga, os egoismos avigoram-se; se a esphera da desintegração se amplia, pois que diminue o predominio da personalidade, as tendencias sympathicas e humanistas triumpham. Um tal modo de ser do dynamismo vital, constituindo para os aggregados vivos a essencia mesma do seu sêr, é igualmente a essencia d'essa vida, exuberante e variada, que nos manifestam, na sua larga historia, as sociedades humanas.

534.º Seguindo o nosso quadro de categorias, pois que havemos considerado o sêr vivo n'um dado momento da sua existencia, segue-se consideral-o nas *variações* do seu desenvolvimento. Neste ponto temos, é claro, a analysar:

a) A genese dos sêres vivos;

b) O meio sob cuja influencia se opéram as variações dos sêres vivos;

c) O sêr vivo variando, sob uma tal influencia, nos seus attributos dynamicos e, portanto, estaticos ou estructuraes;

d) O ajustamento que, por uma especie de reacção, o sêr vivo realisa para com o meio em que se desenvolve.

Passemos rapidamente em revista todos estes aspectos fundamentaes.

Por o que respeita á genese vital, offerece-se-nos ella sob os mais variados aspectos, mas, quaesquer que sejam, convirá fazer comprehender ao alumno que, no fundo, é sempre um facto de *desintegração* vital; assim, sob este novo ponto de vista, irá completar-se a generalisação desenvolvida nos paragraphos anteriores. E, com effeito, umas vezes a massa parental bi-parte-se e dá origem a dous individuos separados; outras vezes, como nas hydrarias, duas cellulas, uma derivada do entoderme e outra do ectoderme, encontram-se, fuzionam-se e geram um novo sêr; outras, como na *hirundo medicinalis*, ha, no mesmo individuo, orgãos especiaes, d'onde derivarão as cellulas que, pela sua fusão, provocarão a genese; outras, finalmente, esses orgãos existem, como nos animaes superiores, em separado. Em summa, colhendo numerosos factos biologicos, o professor guiará o seu alumno de maneira que organise syntheses racionaes como estas:

Que a genese se nos póde apresentar sob dous aspectos fundamentaes, isto é, como «homogenese» e como «heterogenese»: na primeira, as cellulas geradoras derivarão sempre de individuos de sexo differente e darão em resultado fórmas similhantes; na segunda, provirão alternadamente, ora d'um individuo, ora de dous individuos differentes, e darão em resultado fórmas similhantes, mas só ao fim de certo tempo;

Que, na genese, a desintegração operada no organismo progenitor reveste todas as fórmas, desde a desaggregação que o anniquila até á simples segregação d'uma pequenissima parte de seu sêr: em qualquer dos casos, a genese é sempre um facto biologico, opposto á individualidade;

Que, na genese, se transmittem aos descendentes as predisposições hereditarias e essenciaes dos paes.

Em que consiste a essencia da genese?

Antes de Wolff, admittia-se a doutrina da «preformação», doutrina segundo a qual nos germens existiam, desde toda a

eternidade, as partes do organismo futuro; quando o hollandez Leeuwenhoek descobriu no licor seminal os zoospermas, acreditou-se que eram animaes completos, para cujo desenvolvimento o ovulo era apenas terreno apropriado: é, porém, ao illustre Wolff que cabe a honra de refutar a falsidade de taes hypotheses, preparando, assim, o terreno á verdadeira sciencia. Parece, com effeito, dever admittir-se que a cellula espermatica e ovular são elementos physiologicos da mesma natureza, os quaes, pela fuzão, adquirem esse equilibrio sufficientemente instavel que se nos apresenta como um dos attributos essenciaes da vida; e, então, mercê do novo estado dynamico, o desenvolvimento inicia-se.

535.° Um outro ponto de vista a considerar nas variações dos sêres vivos é o *meio* sob cuja influencia se effectuam. É, hoje, um facto indiscutivel que as variações operadas nos sêres vivos são um producto de dous factores fundamentaes: as aptidões herdadas ou adquiridas no acto da genese e a influencia mesologica que deriva do meio ambiente. O primeiro, exerce no sêr vivo uma acção conservadora; o segundo, exerce-a progressiva.

O meio biologico deverá ser apresentado, quer na sua *composição*, quer na sua *acção*.

Considerando-o na sua composição, deve ser-lhe apresentado como uma somma de energias que em torno do sêr vivo se redistribuem. Calor, luz, massas solidas ou liquidas ou gazosas, deslocações electricas, tudo influe sobre os aggregados biologicos, os modifica e os transforma. Estas diversas influencias como que estão redistribuidas em espheras concentricas, em cujo centro se desenvolve o aggregado: na mais afastada, os astros do nosso systema enviam-lhe os effluvios da sua energia modificadora; n'outras, mais proximas, agitam-se as energias que, derivando do nosso proprio globo, vão influir sobre o sêr vivo, quer como massas inorganicas, quer como massas organicas, quer mesmo como sêres organisados, constituindo os inimigos ou os competidores ou os cooperadores.

Depois, o meio biologico exerce sobre o sêr vivo uma poderosa influencia. Corrente como o é hoje na sciencia, esta grande noção deve ser apresentada ao alumno com toda a clareza. Na concepção dynamica do universo, só suppondo os sêres vivos como effeitos das energias incidentes do meio ambiente que os cerca, poderemos reduzir a ella todo o mundo biologico. Assim, toda essa longa série de fórmas de energia que estudamos ao analysar com o nosso alumno a dynamica do universo, veem a condensar-se em torno dos aggregados viventes, subjeitando-os á sua influencia modificadora; de maneira que ess'outra porção de energia que, sob o nome de «funcções», no seu seio se redistribue, não é mais do que uma transformação das complexas e variadas manifestações dynamicas que sobre elle irradiam do ambiente. Para accentuar, clara e nitidamente, esta noção, é da mais alta importancia pedagogica que o professor a commente com factos numerosos e variados. Assim, poderá citar, por exemplo, o protoccocus navalis, cuja fórma espherica é, evidentemente, um producto da acção incidente das energias destinadas a comporem o meio—essencialmente homogeneo, em cujo seio se desenvolve; o volvox é igualmente espherico, porque, não estando fixo, recebe por igual, de todos os pontos, a acção das energias ambientes; nos vegetaes superiores, apparecerá, pelo contrario, completa dissimilhança entre a parte aérea e a parte subterranea, dissimilhança derivada da dissimilaridade correlativa, existente nas energias ambientes em cujo seio um tal organismo se desenvolve; a symetria radiar do *hippocrepis* é um producto da symetria igualitaria das condições do ambiente e, pelo contrario, a assymetria do melitol é uma resultante da assymetria nas condições exteriores; a parte inferior das folhas das arvores é d'um verde menos carregado do que a parte superior, natural effeito d'uma desigualdade nas energias que, sob a fórma de luz, se redistribuem no ambiente. Se passarmos a uma outra região do mundo biologico, notar-se-ha que a gregarina é espherica, porque homogeneo é o fluido do tubo intestinal dos insectos em cujo seio ella vive;

que, nos crinoides, a symetria é radiar, porque n'elles residem, por igual, as forças componentes do meio; que os vertebrados apresentam uma symetria parcial, visto serem iguaes as condições exteriores que n'elles actuam; que, finalmente, os vermes da terra são cylindricos, porque essas condições, consubstanciadas como o estão no meio subterraneo em que vivem, equilibram o seu valor em todos os sentidos. Em summa, a acção dynamica do ambiente sobre esses aggregados em equilibrio instavel, que denominamos sêres vivos, manifesta-se em toda a composição estructural do mundo biologico, induzindo-se das differenciações estructuraes a acção das energias ambientes, como dos effeitos póde induzir-se a causa. Pois que, conforme já fizemos sentir, para reduzir a biologia a fundir-se na concepção dynamica do mundo é indispensavel considerar os aggregados vivos como effeitos das energias incidentes, claro é que ao alumno deve ser apresentado este ponto de vista com toda a clareza e nitidez; assim, no seu espirito, realisar-se-ha uma bella e larga generalisação, destinada a leval-o a essa unidade, mais larga ainda, em que tende a fundir-se todo o saber humano.

536.° Se os aggregados vivos, na sua notavel instabilidade, se modificam sob a acção das energias exteriores, estas — dada a permanencia da energia universal — vão, no interior dos organismos, transformar-se em «funcções», as funcções vão, por seu turno, modelar as massas instaveis de materia que constituem o estofo dos sêres vivos, d'uma tal elaboração dynamica derivam, por ultimo, as variadissimas differenciações estructuraes que observamos em toda a extensão do mundo dos sêres vivos; mais breve: pela sua energia, o elemento dynamico é a causa das variações indefinidas que, nos sêres vivos, se nos revelam no elemento estatico.

Esta concepção dynamica do mundo biologico é, no estado actual da sciencia, em verdade um pouco arrojada; póde affirmar-se que se nos apresenta, porém, como a unica capaz de elevar a biologia d'um vasto complexo de factos não systematisa-

dos até ao rigor unitario que deve constituir a base de uma verdadeira sciencia. Pedagogicamente, é, pela sua simplicidade, da mais alta importancia. De resto, alguns factos, citados por H. Spencer, parece convergirem para a confirmar. E, assim, é que, para elle, um eixo de estructura lenhosa, tão proprio dos vegetaes altos, é um effeito estructural d'esse outro modo de ser dynamico que denominamos «circulação da seiva» — facto de que são um exemplo os fetos e as licopodias; a disposição vertical dos tubos de circulação da seiva parece, com effeito, indicar que vieram a ser estructuralmente o que são, pelo facto de se collarem pelas extremidades as cellulas que primitivamente os formaram, operando-se uma tal aggregação no sentido vertical, isto é, no sentido do caminho percorrido pelo liquido nutritivo, o qual, subindo das regiões inferiores até ás partes mais altas e destinadas a serem por elle alimentadas, veio, assim, elle proprio, como que a abrir o proprio leito onde deriva. Nas cactaceas, um ramo é, como se sabe, um eixo achatado com rebentões axilares nos bordos; d'estes, uns abortam e outros desenvolvem-se: ora, examinando uns e outros, nota-se homogeneidade estructural nos que abortaram e vascularidade nos que resistiram. Qual póde ser a razão d'uma tal differença estructural? Evidentemente, só a existencia ou ausencia d'uma funcção circulatoria; se a torrente circulatoria se produz para os que se desenvolvem, a vascularidade produz-se, isto é, a energia dynamica, consubstanciada no fluxo e refluxo da vida, elabora a differenciação estructural; se, pelo contrario, a corrente da seiva paralysa, a homogeneidade primitiva das estructuras permanece. Nos animaes, o tubo digestivo parece dever suppôr-se um effeito estructural da propria acção dynamica dos elementos. Assim, nas aves granivoras, a moela é dura e espessa; ora, este effeito estructural é, evidentemente, uma consequencia da dureza do grão de que uma tal especie de aves se alimenta, e tanto que, se durante muito tempo mudar o alimento, modificar-se-ha a estructura do orgão. As experiencias de Hunter, já citadas por nós (§ 129), confirmam, com effeito, uma tal opinião.

Em summa, tudo leva a crêr que a estructura e o orgão e o apparelho são um effeito da funcção, que a funcção é uma condensação das energias exteriores e que o complexo das energias exteriores é, finalmente, o poderoso factor de todas as transformações que se opéram nos sêres vivos.

537.• Depois de se haverem apresentado ao alumno, sob todos estes pontos de vista, os aggregados que nos occupam, segue-se, muito pedagogicamente, patentear-lh'os no seu desenvolvimento. Pois que já conhece os factores e o seu modo de operar, será altamente logico que contemple, nas suas longas variações estaticas e dynamicas, o producto.

A lei que regula a evolução geral dos sêres vivos é já, desde muito, conhecida pelo leitor: é a lei da evolução geral, formulada por H. Spencer, e que mais d'uma vez temos applicado a outros aspectos da evolução dos sêres.

Sendo os aggregados vivos o typo pelo qual se moldam, sob o ponto da organisação dos nossos conhecimentos, todos os outros aggregados, sendo, por outro lado, a biologia, que d'elles trata, a sciencia que serve de molde a todas as sciencias que igualmente se occupam de aggregados, não admira que a lei destinada a caracterisar a physionomia que nos offerece o desenvolvimento dos sêres vivos nos appareça applicando-se a todas as ordens de sêres; e foi, com effeito, ao analysarem-se as transformações pelas quaes, no seu desenvolvimento, passaram os aggregados biologicos, que uma tal experiencia se organisou: depois, por espirito de generalisação, é que se estendeu á evolução do mundo cosmico e sociologico, isto é, aos dous objectos do saber, aos quaes, pela sufficiente complexidade que revelam, é possivel applical-a em toda a plenitude.

A lei a que nos referimos, é, desde muito, conhecida do leitor. Segundo ella, *todos os sêres do universo passam, no seu desenvolvimento, do homogeneo e incoherente e indefinido ao heterogeneo e coherente e definido,* de maneira que, por integrações constantes de pequenas differenças, um sêr vae-se complicando ao passo que progride no seu desenvolvimento. Ora, dada a

indefinida variedade de estructuras que offerece á nossa contemplação o mundo biologico na observação operada sobre elle, é que foi possivel colher-se uma tão larga noção, noção que, como já vimos, se applica ao desenvolvimento cosmico das massas celestes e se applica, como veremos ainda, á larga historia das sociedades humanas.

Como facilmente se comprehende, é n'este logar que se nos apresenta como mais pedagogico o desenrolar, perante os olhos do alumno e em toda a evidencia, a lei em questão. Além de tantos factos que havemos citado, póde o professor escolher, para tal fim, o desenvolvimento, por exemplo, do proprio homem, durante as phases da vida uterina. Se bem me recordo, foram até factos d'esta ordem, colhidos nas obras do celebre embriologista Baer, que conduziram mais directamente a sciencia a formular a lei que nos occupa; conforme a nossa lei fundamental da educação; o professor não fará, portanto, mais do que seguir para com o alumno o mesmo caminho que, na elaboração da sciencia, a intelligencia da raça percorrêra.

No admiravel resumo phylogenetico que nos apresenta a evolução ontogenetica do feto humano, como que se vêem, com effeito, rebentar umas das outras as phases, mais e mais integradas, d'um sêr em evolução; como que se sente palpitar, sob os dedos, a grande lei que a ella preside. Primeiramente, o embryão é um grumo homogeneo e incoherente e indefinido de substancia instavel; depois, tornando-se n'um cytode, differencia-se; depois, passando a ser cellula, ainda se differencia de novo; depois, mostrando-se-nos como uma aggregação de cellulas, nova complexidade estructural nos apresenta; depois, progredindo sempre, revela-se-nos como cavidade intestinal, com os seus dous folhetos, que, em breve, se subdividirão em quatro; depois, a cavidade intestinal torna-se n'um todo vermiforme; depois, n'um aggregado tão differenciado como o amphioxus; depois, progredindo sempre a integração das estructuras, o vertebrado rudimentar deixa de ser um esboço para se nos mostrar como um vertebrado completo — primeiro pici-

forme e depois approximando-se, mais e mais, da vasta integração d'um mammifero: em summa, d'um grumo de substancia plasmatica — homogeneo e incoherente e indifferenciado, o embryão humano, atravessando phases successivas, passa a ser um aggregado altamente heterogeneo e coherente e definido, quer nas suas estructuras, quer nas suas funcções.

538.• Para que os aggregados vivos sejam contemplados pelo alumno sob todos os pontos de vista fundamentaes, resta indicar-lhe o seguinte: se as energias incidentes do ambiente actuam no sêr vivo e se essa acção se transforma, ao redistribuirem-se-lhe no seio, em funcção e se a funcção é a causa productora das estructuras e se pela variação das funcções e, portanto, das estructuras o sèr vivo — passando da homogeneidade á heterogeneidade — se desenvolve, é, por outro lado, evidente «que se adapta constantemente ao meio em que a sua evolução se opéra». Assim, o meio actua sobre o sèr vivo e o sèr vivo reage sobre o meio, adaptando-se a elle; se as condições exteriores do ambiente variam lentamente, o sèr vivo variará com igual lentidão, e, assim, conservará entre ellas e elle um justo equilibrio; se, pelo contrario, as condições exteriores se transformam bruscamente, o sèr vivo succumbirá, devendo a morte considerar-se como uma verdadeira falta de ajustamento entre o aggregado vivo e o seu meio. Assim, se o meio frigido em que vive o *protoccocus nivalis* vem a modificar-se na temperatura, aquelle tão rudimentar organismo succumbe immediatamente; os animaes aquaticos, mercê da estructura especial dos seus orgãos respiratorios, não podem viver n'um meio aéreo; aos animaes aéreos acontece o mesmo, quando d'um meio gazoso passam a um meio liquido; no homem, ao passar d'uma região para outra completamente diversa, notam-se em geral perturbações, mais ou menos graves, conforme é mais ou menos intensa a differença climaterica: em summa, é tão evidente a necessidade constante d'um ajustamento entre o organismo e o meio, que poucos factos bastarão ao alumno para se lhe tornar clara e nitida.

Ao tratar das adaptações dos sêres aos meios ambientes, cumpre, ainda, que o professor complete uma tal noção, apresentando ao alumno o grande principio da «selecção natural», principio que encontra, aqui, o seu verdadeiro logar pedagogico. Para isso, em vez d'um só, bastará considerar, n'um meio ambiente, muitos grupos de sêres vivos: d'estes, uns poderão ajustar-se ao meio mais perfeitamente do que outros; se alguns se ajustam mais intimamente do que outros ao mesmo meio, haverá n'elles mais condições de vida e, portanto, um complexo de circumstancias mais favoraveis á existencia; em tal caso, nos varios grupos de sêres, assim considerados, operar-se-ha uma verdadeira *selecção natural*, pois que triumpharão dos restantes os que melhor se adaptarem ás condições exteriores que constituem o ambiente; como, por outro lado, o grupo, assim favorecido, transmitte hereditariamente as suas condições de superioridade aos descendentes, ás quaes, por um progresso constante, outras se podem reunir, seguir-se-ha que de todos os grupos primitivos uns estacionarão ou retrogradarão e outros avançarão, em constante progresso, para uma situação melhor. Assim, mercê d'uma longa série de selecções e de transmissões hereditarias, é possivel ao vasto grupo dos sêres vivos passar desde a rudimentar e indifferenciada homogeneidade que nos apresenta uma simples amiba até essa mysteriosa complexidade, funccional e estructural, que se revela no homem civilisado. As energias do meio ambiente incidem sobre os sêres vivos e modificam-lhes as aptidões primitivas; na lucta accesa que todos travam pela vida, os melhor dotados aperfeiçoam-se, ainda, sob a acção constante d'essas energias; como consequência, adquirem, por selecção, em relação a outros, qualidades superiores: e, assim, transmittindo-as aos descendentes tornam possiveis novos grupos ainda mais aperfeiçoados, e estes outros que ainda o são mais, avançando, assim, o mundo dos sêres viventes para um progresso, constante fatal e indefinido.

539.º Taes são os pontos de vista fundamentaes sob que nos parece deverem pedagogicamente considerar-se os aggrega-

dos que constituem o objecto da biologia geral. Segundo o nosso quadro de categorias pedagogicas, tão rigorosamente applicavel ás sciencias que se occupam da parte estructural do mundo, consideramos os sêres vivos, quer n'um dado momento da sua existencia — que póde ser o da plenitude vital, quer nas variações por que passam no seu desenvolvimento. Passando a estudal-os sob o primeiro ponto de vista, apresentamol-os, primeiramente, pelo lado estatico, e, então, mostramol-os, quer nos seus elementos constituintes, quer na sua fórma, quer na variedade estructural que nos revelam; depois, passamos a mostral-os ao alumno pelo lado dynamico, e, então, fizemos-lhe notar como surge, atravez da immensa variedade de estructuras reveladas nos sêres vivos, essa identidade dynamica que constantemente se traduz por excitabilidades e reactividades, acompanhadas de variações de temperatura e tendendo sempre á realisação, no sêr vivo, d'uma integração ou desintegração da materia. Passando a considerar os aggregados vivos sob o ponto de vista das variações por que passam, indicamos ao alumno a composição geral do meio biologico como um conjuncto de energias incidentes que constantemente modificam o sêr vivo; mostramos-lhe, em seguida, os factos da genese e leis a que está subjeita; patenteamos-lhe as variações por que passam, na sua evolução, sob a influencia das energias incidentes e a lei que a regula; e, finalmente, indicamos como os sêres vivos, ao receberem em si a acção constante dos meios, reagem, por seu turno, sobre o ambiente e a elle se ajustam, vindo a reunir em si, na lucta pela vida, tanto maior numero de condições de progresso e de triumpho quanto mais plenamente se adaptarem ás condições exteriores.

Tal é, parece-nos, a composição, logica e methodica, da biologia geral, e tal é a feição, systematica e coordenada, que n'um bom regimen docente deverá dar-se a este bello e grande ramo do saber humano. Na coordenação que apresentamos, os pontos de vista fundamentaes veem, parece-nos, todos á superficie, a unificação pedagogica em que se encadeiam é natural e

rigorosa e facil, a composição geral d'esta grande sciencia apparecerá, finalmente, ao alumno, não desconnexa e fragmentada, mas antes clara, nitida e precisa.

540.° A coordenação pedagogica da biologia geral ficaria incompleta, se a longa série de pontos de vista, até aqui offerecidos á contemplação do alumno, não fosse coroada por uma synthese fundamental que, por assim dizer, os reune a todos — synthese destinada a consubstanciar em si os aspectos essenciaes que notamos nos aggregados biologicos e, portanto, a resumir no seu vasto ambito a propria noção de *vida*.

Definir a «vida» dos sêres é, com effeito, erguer a cupula destinada a coroar, a toda a altura, o vasto edificio da sciencia biologica; é patentear ao alumno uma das mais altas noções a que o espirito humano póde attingir. Dada a sua elevada importancia, vejamos como o professor lh'a poderá condensar, facil e naturalmente, á superficie dos factos. Definir a vida, surprehendendo um tal modo de ser dynamico na sua propria essencia, é, no estado actual da sciencia, completamente impossivel; e, tanto quanto o permittem julgar as previsões humanas, sel-o-ha mesmo no futuro, pois que ao homem fallecem realmente meios de penetrar a natureza intima de tão reconditos mysterios.

Como definil-a então?

Ao espirito humano, vedado como lhe fica o penetrar na propria essencia da vida, só lhe resta, é claro, para a definir uma unica vereda a percorrer: é analysar profundamente os aspectos, *essenciaes* e *exteriores*, sob que os sêres vivos se lhe apresentam; reduzil-os a toda a sua simplicidade; e, finalmente, condensal-os n'uma noção suprema e geral, que virá a dominar, a toda a altura, o mundo biologico, a caracterisar essencialmente os aggregados que o compõem, e, portanto, a *definil-os* — tanto quanto é permittido á fraqueza da intelligencia humana. Em summa, só reunindo n'uma noção suprema os aspectos fundamentaes sob que o alumno acaba, em toda a extensão da biologia geral, de considerar os sêres vivos, é que lhe será possi-

vel architectar uma definição de *vida*, vindo assim esta tão grande noção a coroar, scientifica e pedagogicamente, a longa série de noções e de factos que lhe foi possivel colligir atravez da sciencia de que se occupa o mundo dos sêres viventes.

Para organisarmos, pois, esta suprema e ulterior experiencia da biologia geral só nos resta seguir um tal caminho. E' o que vamos fazer.

O primeiro aspecto fundamental sob que os sêres vivos se nos apresentaram, é o de nos apparecerem como verdadeiros aggregados, isto é, como incontestaveis associações de elementos estaticos e dynamicos, ou antes como *coexistencias* e *sequencias* de elementos de materia e de elementos de energia n'elles redistribuida. Se apenas fossem estes os attributos que caracterisassem os sêres vivos, em nada, é claro, se distinguiriam dos outros aggregados que, como os astros ou os mineraes, entram na composição estructural do mundo; todos elles, com effeito, revelam essa qualidade fundamental de serem — aggregados em que os elementos estaticos e dynamicos se associam em verdadeiras coexistencias e sequencias. Um novo attributo essencial n'elles descoberto vem, porém, differenciar os sêres vivos de todos os aggregados inorganicos, attributo, em todo o caso, commum a elles e ás substancias organicas: o attributo que, assim, os especialisa é a *instabilidade* de equilibrio. Conforme o que observamos em toda a extensão da biologia geral, os sêres vivos são, pois, como as substancias organicas, *aggregados instaveis de coexistencias e sequencias,* estaticas ou dynamicas.

Se levassemos apenas até este ponto a condensação dos attributos fundamentaes que, condensados n'uma grande synthese unitaria, se destinam a definir, clara e nitidamente, os sêres vivos, a especialisação seria tão pouco rigorosa que viriamos a fundir n'uma mesma noção geral os sêres vivos e os aggregados simplesmente organicos, como o é, por exemplo, um grumo de albumina; para formular uma definição rigorosa da «vida» torna-se, portanto, indispensavel addicionar á noção anterior no-

vos attributos fundamentaes. Ora, continuando a apresentar os aspectos essenciaes sob que, na nossa longa analyse biologica, foram considerados os sêres vivos, é evidente que, embora instaveis na seu equilibrio como o são as substancias organicas, a mais do que isso manifestam no seu seio a redistribuição das energias dynamicas sob a fórma d'uma instabilidade e reactividade que, acompanhadas de variações na temperatura, tendem constantemente a operar no sêr vivo uma *integração ou desintegração de materia:* addicionando, portanto, á formula destinada a definil-os este novo attributo fundamental—attributo que, em si, resume evidentemente todo o dynamismo vital, os sêres vivos apparecer-nos-hão como *aggregados instaveis de coexistencias e sequencias, que em si integram e de si desintegram constantemente porções variadas de materia.*

Este aspecto dynamico não é, porém, o unico fundamental. Se contemplarmos os sêres vivos na sua genese e evolução, notaremos que o meio ambiente actua sobre elles, que elles reagem sobre o meio ambiente, e que uma tal reacção se traduz por uma *adaptação constante do sêr vivo ao seu meio;* addicionando, por isso, aos attributos anteriores este novo modo de ser essencial dos aggregados biologicos, considerando, por outro lado, o complexo geral das energias ambientes como sendo «um conjuncto de coexistencias e sequencias externas, estaticas ou dynamicas, destinadas a constituirem o meio», reunindo todos estes attributos fundamentaes dos sêres vivos n'uma synthese, clara e nitida, será possivel elevarmo-nos até uma definição do sêr vivo, insufficiente, de certo, para nos desvendar os reconditos mysterios que velam a essencia mesma da vida, mas apta para a carecterisar nas suas mais fundamentaes manifestações exteriores.

Em summa, sommando todas as propriedades especificas que distinguem os sêres vivos, estes serão para nós—«aggregados instaveis de coexistencias e sequencias que, por integrações e desintegrações constantes de materia, se ajustam constante-

mente ás coexistencias e sequencias externas, estaticas ou dynamicas, que constituem o meio».

E, assim, a VIDA será para nós, no estado actual da sciencia: *a propriedade fundamental e caracteristica de certos sêres que deriva de se nos apresentarem como aggregados instaveis de coexistencias e sequencias que, por integrações e desintegrações constantes de materia, se ajustam constantemente ás coexistencias e sequencias externas, estaticas ou dynamicas, que constituem o meio.*

Tal é esta grande noção, condensação superior de tantas noções parciaes que á nossa vista se offerecem em toda a vasta extensão da sciencia biologica. Apanhando os sêres vivos nos seus aspectos mais fundamentaes, tão methodica e rigorosamente previstos pelo nosso quadro de categorias pedagogicas, colligindo-os larga e pacientemente, condensando-os, finalmente, n'uma larga noção, unitaria e synthetica, a definição de vida apresenta-se-nos como a corôa da biologia geral, como um corollario supremo de todas as suas conclusões parciaes, como a synthese, ultima e irreductivel, que o espirito humano, nas longas analyses biologicas, póde attingir. Assim, a biologia geral, apresentando-se-nos como um vasto complexo de generalisações e de experiencias racionaes organisadas, acaba por as fundir n'uma experiencia, mais geral, mais larga e mais potente, a qual, definido fundamentalmente o seu objecto, as domina e comprehende a todas na sua vasta extensão.

N'uma das passagens anteriores d'este livro (§ 323) apresentamos a definição de vida, formulada por H. Spencer. Comparando-a com a que acabamos de formular, o leitor facilmente conhecerá as similhanças e as differenças: uma não é bem a outra. Emquanto que o illustre philosopho aproveita como attributo fundamental, para a definição de vida, o *ajustamento* entre as sequencias e coexistencias internas e as coexistencias e sequencias externas, isto é, apenas um dos aspectos fundamentaes sob que os sêres vivos se nos manifestam, na nossa fórmula apparecem, associados, todos os aspectos essenciaes

pelos quaes a vida se manifesta, isto é, a aggregação instavel, a integrabilidade e desintegrabilidade constantes e, finalmente, o ajustamento entre o interno e o externo. Embora mais longa, é, comtudo, mais clara e mesmo mais completa. Por isso, parece-nos preferivel.

II

A PHYTOLOGIA

A phytologia geral: seu caracter geral; pontos de vista pedagogicos a considerar nos vegetaes em geral; os elementos vegetaes, a fórma, a estructura, as funcções, a genese e o desenvolvimento. — A phytologia especial: classificação dos vegetaes; descripção dos vegetaes; sua redistribuição geographica.— Importancia educativa da phytologia especial.

541.º Derivando provavelmente d'um mesmo organismo commum, os sêres vivos, ao passo que vão progredindo em differenciação e integração, vão-se dividindo e subdividindo em numerosos grupos e subgrupos. Naturalmente, a differenciação mais vasta e importante é aquella, mercê da qual todo o mundo biologico se distribue em dous vastos grupos — vegetaes e animaes: dos primeiros, occupa-se, como sabemos, a phytologia; dos segundos, a zoologia.

Como anteriormente fizemos sentir, a phytologia hade subdividir-se em duas grandes secções: n'uma, que é a phytologia geral, o espirito do alumno terá por objectivo organisar as grandes inducções racionaes que teem por objecto o mundo vegetal; n'outra, que é a phytologia especial, haverá principalmente em vista *classificar* e descrever os vegetaes que se associam para constituirem os differentes grupos que, em relação a elles, a experiencia tem, até hoje, conseguido organisar.

Na sua composição pedagogica, a phytologia geral apresenta-nos uma physionomia similhante á que se nos revelou na

biologia geral: os mesmos elementos estaticos, os mesmos pontos de vista dynamicos, em summa, as mesmas categorias pedagogicas. Vê-se que a vasta sciencia dos aggregados nos apresenta, nos seus ramos essenciaes, os mesmos aspectos logicos, o mesmo tom geral de composição philosophica. E esta analogia de composição é, pedagogicamente, tanto mais importante, quanto é certo constituir ella a essencia mesma da sciencia que nos occupa. A pedagogia geral não passa, com effeito, conforme o nosso modo de vêr (n.° 156) d'uma longa coordenação do nosso saber fundamental, tendo por alvo a evolução escolar; ora, para tal coordenação se realisar, é indispensavel assimilar entre si a composição organica dos differentes ramos do nosso saber, de maneira que, mercê d'uma tal coordenação, facilmente se organisem no espirito do alumno. Como o leitor facilmente terá visto, é, assim, que temos rigorosamente procedido.

542.° Passando a considerar mais de perto a phytologia geral, claro é que n'ella, como nas sciencias anteriores, haverá o nosso alumno de seguir o quadro geral de categorias que domina, a toda a altura, a sciencia dos aggregados.

Seguindo-o, pois, o *elemento* morphologico dos vegetaes é o primeiro objecto de estudo que se apresenta á nossa consideração.

Esse elemento é a cellula vegetal. Naturalmente, offerece-se, desde logo, o apresental-a ao alumno sob todos os seus aspectos fundamentaes; e, assim, ella revelar-se-lhe-ha: primeiramente, com a sua membrana cellulosica $(C^6H^{10}O^5)^6$ — attributo este que poderá servir para distinguir os vegetaes dos animaes, pois que aquelles não se caracterisam pela existencia de membranas cellulares de tal natureza; depois, com o seu nucleo e protoplasma; depois, com os productos cellulares, taes como as materias colorantes e a aleurona e o amido e a inulina e diversos saes e taninos e assucar e materias gordas e alcaloides, etc., etc.; depois, surgirá a cellula nas suas variações evolutivas e, portanto, na sua genese e desenvolvimento. Em summa, a cellula é verdadeiramente um aggregado, e, portanto, comporta uma analy-

se scientifica tendo por objecto os mesmos aspectos que todos os outros aggregados nos offerecem. Para não fallarmos das fórmas dos vegetaes, já consideradas na biologia geral, depois das cellulas veem as aggregações de cellulas em *estructuras*. Entre estas ha, primeiramente, a considerar os «tecidos». Os tecidos podem distribuir-se em epidermicos, corticaes e medulares. Nos typos superiores, os tecidos veem, a final, a differenciar-se em raiz e caule e folha e flôr.

Decomposto o vegetal n'estes elementos estructuraes, cumpre que o alumno passe a considerar, em cada um d'elles, a composição estructural que apresentam á nossa analyse. Assim, a *raiz* apresentar-se-lhe-ha, pelo lado da fórma, como pivotante e fibrosa e tuberiforme e, pelo lado da estructura, como composta de uma epiderme e d'uma zona cortical e d'uma camada de cellulas alongadas, etc.; o *caule* mostrar-se-lhe-ha, pelo lado da fórma, como aéreo e subterraneo ou como dichtomico e monopodico e, pelo lado da estructura, como composto de epiderme e parenchima cortical e bainha de feixes e zona fibro-vascular e parenchima medullar, ou então como composto dos elementos anteriores mas com a zona fibro-vascular caracterisada por modo diverso; a *folha*, sob o ponto de vista da fórma, será considerada em si, na sua posição ou na sua disposição em relação ao caule e, sob o ponto de vista da estructura, será estudada pelo lado do limbo e do petiolo; as *flores*, consideradas em si, offerecer-nos-hão um receptaculo e um periantho ou systema protector dos orgãos geradores e um andorceu ou systema d'orgãos machos e um gyneceu ou systema d'orgãos femeas e, consideradas na sua disposição ou florescencia, teremos a analysal-as nos casos em que se apresentam isoladas ou em grupos e, n'um e n'outro caso, como dispostas em florescencia definida ou indefinida; os *fructos*, finalmente, apresentar-nos-hão o pericarpo e o grão, e no pericarpo o epicarpo e o mesocarpo e o endocarpo, e no grão o episperma e a amendoa, e na amendoa o albumen e o embryão.

Taes são os elementos estaticos que nos vegetaes cumpre considerar.

543.º Passando ao aspecto *dynamico,* cumpre analysar os variados aspectos apresentados por essa excitabilidade e reactividade integrativa ou desintegrativa, que constituem o fundo essencial do dynamismo vital. Naturalmente, como em todos os sêres vivos, as especialisações funccionaes em que vem a differenciar-se essa grande funcção, geral e commum, hãode visar á realisação das duas grandes operações fundamentaes que constituem a essencia mesma da vida, isto é, á integração ou á desintegração: como visando principalmente á integração vital, ha, nos vegetaes, os apparelhos que poderemos denominar de «accumulação»; como favorecendo a desintegração, ha o apparelho que poderemos denominar de «eliminação»; como de caracter mixto, ha, finalmente, o apparelho de «circulação». Todos estes grandes apparelhos são, é claro, differenciações estructuraes, principalmente especificadas n'essa ordem de vegetaes que, pela sua complexidade biologica, a comportam; nos vegetaes rudimentares apparecem, como era de suppôr, n'um estado de homogeneidade e indifferenciação.

Passando, pois, a apresentar ao alumno, d'uma maneira geral, noções igualmente geraes ácerca dos apparelhos que acabamos de indicar, deveremos, é claro, iniciar a nossa apresentação pedagogica pelo apparelho de accumulação.

Sob este ponto de vista, é indispensavel, desde logo, dividir os vegetaes em chlorophylinos e não chlorophylinos: o vegetal chlorophylino, isto é, aquelle que poderiamos chamar o verdadeiro vegetal, absorvendo substancias inorganicas, quer na terra, quer na atmosphera e transformando-as em diffusiveis, opéra com ellas syntheses organicas e integra-as, finalmente, na sua propria substancia; o vegetal não chlorophylino, não tendo essa propriedade, além das inorganicas é forçado a absorver, no ambiente, as substancias organicas já preparadas.

Como consequencia d'uma tal distincção, segue-se, desde

logo, indicar ao alumno quaes as substancias absorvidas e transformadas por aquellas duas grandes ordens de vegetaes; para uns, o carbonio e o hydrogenio e o azote penetrarão nos seus tecidos, já consubstanciados em syntheses organicas; para outros, penetrando lá no estado inorganico, receberão no seu interior a conveniente transformação; para todos, o oxygenio desempenhará o papel de grande vitalisador, penetrando por dyalise atravez da epiderme, dos estomatos, etc., etc.

Definidas as substancias que penetram nos organismos vegetaes, urge indicar a série de transformações por que passam a fim de lhes ser possivel atravessar as membranas cellulosicas em que a cellula vegetal se envolve, isto é, para se tornarem em *diffusiveis* e *soluveis;* e, então, virá a indicação, quer dos fermentos vegetaes, quer das transformações chimicas que, sob a sua acção, se realisam. O alumno poderá reconhecer: que, por exemplo, o amido é transformado pela diastese em dextrina e glucose, que a sacharose, por meio d'um fermento invertido, é-o em levulose; que as materias gordas são emulsionadas e saponificadas pela emulsina; que a pectose modifica o tanino, a pepsina os materiaes albuminoides, etc., etc.

544.º Depois da digestão, vem a fórma que, no vegetal, reveste a circulação. Sendo indispensavel diffundir por todo o organismo polycellular do vegetal os materiaes accumulados pela funcção anterior, um systema de vasos leva a seiva, isto é, o liquido nutritivo da planta, a todos os recantos do organismo. É o caule a região do vegetal onde a circulação principalmente se opéra; de maneira que o caule vem, assim, a ter como funcção não só sustentar as partes aéreas, mas estabelecer uma communicação real entre os dous grandes systemas absorvedores da planta — as raizes e as folhas.

Como complemento das funcções anteriores, o oxygenio, penetrando no anterior das estructuras vegetaes, coando-se por dyalise de cellula para cellula, encorporando-se provavelmente em alguma substancia analoga á hemaglobolina, vae, no intimo d'uma tal ordem de organismos, combinar-se com o hydrogenio

e o carbonio, produzir o calor vegetal e dar, assim, origem a uma verdadeira respiração.

Taes são as funcções fundamentaes da accumulação ou as de caracter mixto.

Por o que respeita ás de eliminação, além da grande funcção de expiração tendo por objecto expellir o acido carbonico, e além da funcção da evaporação tendo por objecto a exhalação de substancias liquidas, pouco conhecemos das outras; é licito, comtudo, suppôr que sejam productos de eliminação as resinas, certas essencias, etc.

Em summa, nas plantas a energia vital redistribue-se sob fórmas diversas, as quaes se podem reduzir a duas funcções fundamentaes — a accumuladora e a eliminadora; como em todos os sêres vivos, estas funcções visam, em ultima analyse, a fundir-se n'essa funcção com duas faces, intima e essencial e ultima — a integrabilidade e desintegrabilidade de substancias, substracto fundamental de todo o dynamismo vital.

545.° Considerados os vegetaes n'um dado momento da sua existencia, segue-se analysal-os nas variações que constituem o seu desenvolvimento. É, portanto, chegado o momento pedagogico de apresentar ao alumno tudo quanto de mais fundamental haja a dizer ácerca, quer da *genese* vegetal, quer do *desenvolvimento* que n'esta ordem de organismos se opéra sob a acção das condições incidentes do meio exterior.

Por o que respeita á genese, serão indicadas ao alumno as varias fórmas que reveste, artificiaes ou naturaes; por o que toca ao desenvolvimento dos vegetaes ao encetarem a sua evolução muitas noções da mais alta importancia convirá indicar-lhe. Assim, para exemplificarmos, mostrar-se-lhe-ha como d'uma simples folha vão derivando, por meio de differenciações progressivas, as folhas de todas as ordens, mesmo as compostas de cinco petiolos; como os veios se transformam em nervuras medianas, estas em petiolos e estes em caules; como as sepalas, petalas, estames e carpelas são tudo orgãos foliares; como o caule é um orgão foliar transformado, o que se patentéa,

bem claramente, em certos generos de cactaceas: em summa, coordenando bem nitidamente as noções d'esta ordem, será facil mostrar ao alumno que os orgãos vegetaes derivam, por evolução, uns dos outros, que a differenciação de estructuras é um effeito da energia vital diversamente redistribuida e que essa mesma energia é, por seu turno, uma resultante geral, destinada a condensar em si as energias incidentes do meio.

546.° Terminada a phytologia geral, segue-se o estudo da phytologia especial.

Primeiramente, o alumno passará a *classificar* em grupos os differentes vegetaes; depois, a *descrever* um typo de cada grupo, considerando-o, é claro, sob os pontos de vista que se indicam no nosso quadro de categorias pedagogicas, o qual, assim, vae adquirindo um tom de generalidade tal que o torna applicavel a todos os capitulos da vasta sciencia dos aggregados; depois, finalmente, convirá redistribuir os differentes typos vegetaes pela superficie do globo, attribuindo a cada um a sua localisação geographica.

Por o que respeita á *ordem* a seguir na descripção de cada grupo, é facil definil-a. Devendo a instrucção secundaria, em harmonia com a nossa concepção pedagogica, avançar constantemente, na esphera subjectiva, do geral para o particular e, na esphera objectiva, do abstracto para o concreto, claro é que dos vegetaes mais elementares nos devemos elevar até aos mais complexos; os mais complexos, isto é, os polycellulares e superiores não são, com effeito, mais do que concretos compostos á custa dos cellulares e rudimentares, evidentemente os mais abstractos. Ora, a ser assim, a descripção geral do mundo vegetal deverá iniciar-se pelas plantas mais elementares, como são, por exemplo, os mixomycetes — unidades morphologicas que constituem um meio termo entre vegetaes e animaes, sêres profundamente rudimentares, sem raiz, sem folhas, sem flôr; depois, virão os cogumellos propriamente ditos; depois, as algas mono ou polycellulares, com os seus elementos dispostos em tubos filamentosos ou em laminas achatadas, com a sua

funcção chlorophylina, com a sua genese sexua ou assexua, etc., etc.; depois, virá a grande familia dos lichens; depois, o vasto grupo das hepaticas; depois, os musgos, os fetos, as lycopodias; etc., etc.: e, assim, ir-nos-hemos elevando, de grupo para grupo, até aos vegetaes mais complexos e superiores.

Sob o ponto de vista educativo, é bem claro qual será a acção benefica da phytologia especial, pois que, obrigando o alumno a rigorosas classificações e a minuciosas descripções, apurará n'elle as faculdades d'uma observação attenta e d'uma generalisação segura e firme.

III

A ZOOLOGIA

A zoologia geral: pontos de vista a considerar nos aggregados animaes; aspecto estatico e dynamico: genese e evolução. A zoologia especial: classificação dos animaes; descripção.—Caracter da biologia geral e especial.

547.° A' zoologia pertence o occupar-se d'um outro vasto grupo de sêres vivos, isto é, dos animaes.

Como a phytologia, dividir-se-ha em geral e especial: a primeira, terá por objecto o largo complexo de syntheses, inductivas e racionaes, que ácerca dos animaes conseguiu, até hoje, organisar o espirito humano; a segunda, terá por objecto classificar e descrever os variadissimos typos animaes que no mundo biologico se offerecem á nossa contemplação. A zoologia especial poderá ainda subdividir-se em zoographia e zoogenia, conforme houver de considerar os animaes, quer como objectos a descrever n'um dado momento da sua existencia, quer na sua evolução.

Passando a apresentar algumas considerações ácerca da zoologia geral, á similhança da phytologia ou das outras sciencias que se occupam de aggregados, hade ella considerar os animaes em geral sob todos os pontos de vista previstos pelo nosso quadro de categorias pedagogicas. Seguindo-o, o leitor terá, agora e sempre, um fio conductor por onde poderá guiar-se na coordenação d'esse vasto complexo de factos que compõem a zoologia geral.

Em harmonia com elle, primeiro haverá a considerar as fórmas animaes; depois, as estructuras: como é sabido, estas duas faces constituem o ponto de vista estatico.

Por o que respeita ás estructuras, os animaes complexos são verdadeiros aggregados cellulares; mas n'elles, ao contrario dos vegetaes, o elemento cellular é, muitas vezes, desprovido de membrana envolvente.

As cellulas aggregam-se em tecidos, os tecidos em orgãos e apparelhos: n'esta progressiva integração estructural, haverá, pois, a caracterisar, d'uma maneira geral, as cellulas e os tecidos que d'ellas se formam.

Depois do ponto de vista *estatico*, vem o ponto de vista *dynamico*.

Como nos outros aggregados, a energia universal redistribue-se no seio dos animaes e vae lá revestir essas fórmas dynamicas variaveis a que denominam «funcções». Devendo, embora variaveis na apparencia, reduzir-se a serem manifestações d'uma funcção integrativa e desintegrativa, cumpre que o professor, visando sempre a tornar bem palpavel uma tal identificação, apresente ao alumno os diversos aspectos que, entre os animaes, nos offerece o dynamismo vital ao objectivar-se nas diversas funcções physiologicas. Estas podem, com effeito, reduzir-se, nos animaes complexos, ás seguintes: uma funcção accumuladora; uma funcção eliminadora. As acções e reacções por via das quaes um animal recebe impressões do meio e reage sob a sua influencia, organisadas ou não organisadas que sejam, podem considerar-se como uma extensão das funcções anteriores. Toda essa vida nervosa, mercê da qual recebemos uma sensação, organisamos uma noção, creamos uma synthese, imaginamos uma hypothese ou reagimos contra uma influencia exterior, se reduz, a final, a apropriar ou a affastar elementos que, individual ou socialmente, nos conveem ou são nocivos; isto é, a absorver ou a eliminar, directa ou indirectamente, real ou metaphoricamente.

Passando a caracterisar cada uma das funcções fundamen-

taes, surge, primeiramente, a funcção accumuladora, quando são «alimentos» as substancias a accumular. Em relação a ella haverá, pois, a caracterisar: os casos em que os alimentos são solidos ou liquidos; os actos organicos, taes como — a prehensão e a mastigação e a deglutição e a chymificação e a chylificação e a absorpção, étc.; quando são gazosos, a inspiração pulmonar. Vem, depois, a funcção eliminadora, em relação á qual haverá a considerar: a pelle e os rins, como orgãos destinados a eliminarem substancias liquidas e solidas; o apparelho pulmonar, como orgão destinado a eliminar as substancias gazosas.

Conhecidos os processos por via dos quaes as substancias solidas e liquidas e gazosas entram e sahem dos organismos animaes, cumpre analysar a funcção, mercê da qual circulam, no seu seio, as substancias nutritivas; e, então, será analysado o sangue na sua composição e qualidades, os vasos em que circula e, finalmente, o mechanismo da propria circulação.

Apresentadas, assim, ao alumno as duas grandes funcções de accumulação e eliminação, quando as substancias a accumular e a eliminar exercem sobre o organismo uma acção, por assim dizer, *interior*, segue-se apresentar-lh'as quando essa acção se opéra no animal como se fôra *exterior*. Ora, sob este ponto de vista, vem primeiro a analyse das impressões tactis, derivadas da acção resistente d'um objecto que se conserva constantemente exterior no animal; as gostativas, que se produzem no momento em que a acção do objecto, prestes a passar a interior, póde, comtudo, considerar-se ainda como exterior; as olfativas, auditivas e visuaes, em que a acção do objecto impressionador é, evidentemente, exterior. Depois das acções, veem as reacções que igualmente se nos apresentam com caracter de exterioridade. A'cerca d'ellas haverá, pois, a caracterisar: os systemas musculares, orgãos activos de taes reacções; o systema osseo, isto é, a reunião das alavancas organicas, destinadas a moverem-se passivamente sob a influencia que das acções externas deriva para o organismo.

Receptaculos das impressões e orgãos, activos ou passivos,

das reacções, uns e outros visam, em ultima analyse, a accumular, directa ou indirectamente, no organismo o que lhe convem ou a eliminar o que lhe é nocivo. Como cupula de todo este vasto edificio zoologico, virá, finalmente, o estudo do systema nervoso, supremo regulador de todo o aggregado animal e séde d'essas manifestações de excitabilidade e reactividade que, em tão alto gráu, os animaes nos revelam.

A zoologia geral terminará com as indicações que, ácerca da *genese* e *desenvolvimento* dos animaes, forem julgadas indispensaveis.

548.º Depois da zoologia geral, vem a zoologia especial. Como na phytologia ou n'outras sciencias que se occupam de aggregados, *classificar-se-hão* os animaes; depois, passarão a ser *descriptos* pelo alumno. Na operação descriptiva, seguir-se-ha, é claro, a ordem em que o espirito avança do abstracto para o concreto. Ora, em harmonia com ella serão descriptos: primeiramente, os protozoarios, isto é, essa especie de animaes monocellulares, em que é quasi geral a indifferenciação de funcções e estructuras; depois, virão as esponjas e as actinias e os hydrophoros, com a sua bolsa digestiva e o entoderme e o ectoderme e as suas cellulas urticantes; depois, o vasto grupo dos vermes; depois, os arthropodes, que parece constituirem, na arvore zoologica, um grupo divergente, deixando, assim, livre a passagem desde os vermes até aos protovertebrados; depois, serão descriptos os protovertebrados, especie de sentinella avançada do vasto e complexo grupo dos vertebrados; depois, sel-o-hão os peixes cartilaginosos e os osseos; em seguida, os dispneutas estabelecerão a transição entre a vida aquatica e a vida aérea; por ultimo, apparecerão os amphibios, os reptis, as aves, os mammiferos — desde os edentados até aos semianos, terminando, finalmente, esta longa série de descripções pela analyse *geral* dos hominios, incontestavelmente os sêres vivos mais complexos da creação. A «analyse geral» dissemos, pois que a analyse *especial* será reservada para uma nova sciencia — a anthropologia, que virá, assim, a coroar a

interessante e longa série de noções que teem por objecto os sêres vivos.

Em summa, o estudo da zoologia especial deverá, parece-nos, terminar com uma resumida analyse, tendo por objecto «as sociedades animaes», assumpto curioso e susceptivel de despertar as mais altas reflexões philosophicas.

549.° Tal é, na sua essencia pedagogica, a coordenação geral da biologia. Compondo-se de duas grandes secções — a geral e a especial, apresenta-nos o espectaculo d'uma vasta unificação de noções, todas ellas altamente dignas de attenção. Na parte geral, o espirito do alumno contempla, com effeito, uma longa série de generalisações e de experiencias organisadas, as quaes, mercê d'uma potente unificação, tendem a fundir em syntheses racionaes a vasta somma de factos, empyricamente registrados em toda a extensão do mundo biologico. Se considerarmos os sêres vivos como effeitos materiaes da energia dos agentes exteriores que sobre elles actuam, então, partindo da causa dynamica para os productos que d'ella resultam, toda a biologia póde patentear-se ao nosso espirito como uma vasta composição deductiva; pelo menos, é assim que Herbert Spencer se esforça por a systematisar. Em summa, as syntheses geraes que dominam, a toda a altura, a biologia nos seus ramos especiaes, quando applicaveis aos factos concretos do mundo biologico, dão origem a uma verdadeira operação deductiva, como todas quantas estudamos nas diversas sciencias ao attingirem um alto gráu de consistencia logica; de maneira que a biologia será para o alumno não só um vasto repositorio de noções geraes e de experiencias organisadas, mas um excellente campo para n'elle se realisarem todos esses exercicios mentaes que se prendem com as operações descriptivas, de classificação e, até mesmo, de natureza essencialmente deductiva.

CAPITULO V

A ANTHROPOLOGIA

I

A ANTHROPOLOGIA EM GERAL

Distincção entre a anthropologia e a zoologia. — Distincção entre a anthropologia e a sociologia. — Composição geral da anthropologia: anthropologia geral e seu objecto; a anthropologia especial.

550.º Na hierarchia geral das sciencias que se occupam do nosso saber fundamental, á sciencia que trata dos animaes em geral devia naturalmente succeder a que se occupa, em especial, d'esse grupo superior de aggregados animaes, ao qual nós proprios pertencemos; isto é, á zoologia deveria seguir-se a anthropologia. Ao penetrarmos no campo d'esta sciencia, o nosso primeiro dever é caracterisarmos nitidamente o seu objecto; ora, por um lado, occupando-se do homem sob um certo aspecto a zoologia e, por outro, tendo-o a sociologia por alvo, a fim de que fique claramente definido é, desde já, indispensavel lançarmos as linhas divisorias que hãode separar a anthropologia, quer da zoologia que a precede, quer da sociologia que lhe succede. Primeiramente, segundo a nossa concepção pedagogica, a anthropologia abrange na sua esphera de acção um objecto muito mais amplo do que o é, em geral, para os anthropologistas: para estes, a sciencia que nos occupa tem, com effeito, por objecto occupar-se simplesmente do homem, sob o ponto de vista dos attributos, estaticos ou dynamicos, que mais especialmente o caracterisam, da sua evolução e genese, dos grupos em que os homens se dividem e subdividem, etc., etc.;

mas, para nós, este objecto alonga-se até comprehender em si, «quer o homem n'um dado momento da sua existencia ou em evolução como um complexo especial de attributos estaticos e dynamicos, quer os processos por via dos quaes hãode ser disciplinadas essas energias dynamicas que o constituem». Assim, a anthropologia dividir-se-ha naturalmente em duas grandes secções: uma, considerará o homem em si ou nos varios grupos e subgrupos em que a especie humana se differencia; a outra, considerará o complexo geral das leis e regras disciplinares destinadas a regularem o exercicio dos seus attributos dynamicos — physiologicos ou mentaes, leis disciplinares que, differenciando-se em grupos fundamentaes, veem a constituir, como veremos, a hygiene, a logica, a esthetica e, finalmente, a moral com o direito natural.

A maneira como, em harmonia com a nossa concepção encyclopedica, somos levados a definir o objecto da anthropologia será melhor comprehendida, se lançarmos as linhas divisorias, destinadas a separarem-na da sciencia que a precede e da sciencia que lhe succede.

Estabeleçamos, primeiramente, a distincção que nos parece dever existir entre a anthropologia e a zoologia.

Evidentemente, a zoologia, como a anthropologia, trata do homem, visto que, occupando-se dos animaes em geral hade fatalmente considerar comprehendidos no seu objecto os hominios, os quaes, por seu turno, constituem igualmente o objecto da anthropologia: a zoologia occupar-se-ha, pois, dos homens *em geral,* caracterisando-os por via de attributos que poderemos denominar «zoologicos»; a anthropologia, por seu turno, considerará os homens *em especial,* caracterisando-os por attributos que poderão denominar-se «anthropologicos». Nos homens ha, com effeito, attributos que, parece-nos, podem considerar-se agrupados em duas categorias distinctas: uns, são genericos e, portanto, perfeitamente communs aos homens e aos animaes; outros, embora tenham a sua raiz na massa geral do mundo animal, integram-se por tal fórma em complexidade

ao manifestarem-se no homem, assumem, por isso mesmo, uma tal importancia e predominio, que bem podem considerar-se como especificos caracteristicos dos grupos humanos. Ora, os primeiros serão os attributos zoologicos; os segundos, os anthropologicos.

Exemplifiquemos.

Pelas funcções digestivas, póde dizer-se que o homem em nada ou quasi nada se distingue dos mammiferos superiores e até inferiores; as mesmas estructuras, os mesmos orgãos, os mesmos apparelhos, as mesmas funcções: todos os attributos, estaticos ou dynamicos, que, associando-se, constituem os factores d'essa operação intima que denominamos «digestão», podem, pois, ser considerados como puramente zoologicos. Mas, encarando, agora, o homem por outra face, contemplemos-lhe o apparelho cerebral. Embora o cerebro humano seja a ultima e mais elevada integração d'uma longa série de aperfeiçoamentos que se vão operando, na escala zoologica, desde os animaes inferiores até aos anthropoides, é, comtudo, evidente que, no homem, adquire uma tal complexidade de estructura e de funcções, que se ergue — elle e todos os attributos d'elle derivados — até á altura d'um caracteristico verdadeiramente humano, isto é, d'um attributo «anthropologico». Ora, a anthropologia, deixando para a zoologia todos os attributos zoologicos que constituem o homem, occupar-se-ha apenas d'essa outra ordem de attributos especificos que essencialmente o caracterisam como um sêr superior na longa série dos sêres vivos. Por isso, a anthropologia tomará para objecto das suas analyses essa nova ordem de qualidades que separam o homem dos outros animaes, principalmente dos anthropoides; e, assim, irá procurar taes propriedades em tudo quanto, no homem, venha essencialmente a derivar da sua constituição encephalica, isto é, a capacidade craneana, o angulo facial, o pezo do encephalo, os indices cephalicos, etc., etc.

Estabelecida a distincção que nos parece dever existir entre a zoologia e a anthropologia, passemos a definir a differença

que, por outro lado, julgamos existir entre a anthropologia e a sciencia que immediatamente lhe succede, isto é, a sociologia.

Naturalmente, a anthropologia hade caracterisar o homem pelos attributos anthropologicos; pelo seu lado, a sociologia hade considerar essa outra ordem de attributos que denominaremos «sociologicos»: o que importa, portanto, é fixar, clara e nitidamente, a differença que nos parece dever existir entre estas duas ordens de attributos.

Exemplifiquemos uns e outros.

Supponha-se um determinado grupo humano, constituindo, por exemplo, uma tribu no ultimo estado de selvageria. N'um tal aggregado d'homens, ha a considerar duas ordens de attributos: uns, como a côr que caracterisa os individuos da tribu, a fórma do craneo que apresentam, a estatura que n'elles se nota, etc., etc., são, evidentemente, caracteres morphologicos, isto é, caracteres que podemos lançar á conta de «anthropologicos»; outros, porém, taes como as suas occupações productoras ou defensivas, o typo de organisação familiar que n'elles se revela, o systema governativo da tribu, etc., etc., são, evidentemente, «sociologicos», isto é, «attributos que para o homem só teem razão de ser no seio de associações, mesmo rudimentares, formadas pelos seus similhantes, exigindo, portanto, para persistirem, o influxo d'uma verdadeira *cooperação* social». Assim, as linguas são, para nós, um attributo, não anthropologico ou ethnologico, mas social, pois que são, evidentemente, um producto que só póde persistir na vida social; no mesmo pé, devem considerar-se os habitos de tatuagem, derivados, claramente, d'essa tendencia natural que leva o homem a ser admirado pelos seus similhantes; as bellas-artes são igualmente um attributo social por que apenas sob a influencia da cooperação social surgem e são possiveis; o mesmo diremos do ceremonial, que é, a final, uma manifestação de subordinação social do inferior para com o superior, da organisação familiar, da condição da mulher, etc., etc.

Actualmente, reina na sciencia uma alta confusão entre

estas differentes ordens de attributos. Assim, os ethnologos descrevem, por exemplo, os negritos, caracterisando-os por duas especies de attributos: uns, morphologicos ou physiologicos, são a côr, a fórma do craneo, o cabello, a estatura, etc., isto é, são caracteres evidentemente anthropologicos; outros, são as suas occupações productivas ou defensivas, as suas concepções religiosas, a organisação da familia, etc., isto é, attributos verdadeiramente sociaes. Ora, parece-nos da mais alta importancia fixar-se, bem clara e nitidamente, a profunda distincção que deve existir entre attributos tão diversos, distincção fundamental, pois que, sem ella, viriam a confundir-se duas sciencias essencialmente distinctas—a sociologia e a ethnologia, isto é, a sciencia das sociedades humanas e um ramo importante da anthropologia. Em summa, nos grupos humanos ha duas ordens de attributos: uns, derivam *immediatamente* da complexidade cerebral do sêr humano e veem a constituir os «anthropologicos»; outros, derivam *mediatamente* d'essa complexidade cerebral, persistindo, uma vez creados, só no seio da cooperação social e serão os «sociaes».

A alta integração dynamica do encephalo humano é, afinal, a fonte d'onde derivam em geral uns e outros caracteres: mas, para as necessidades do estudo, os anthropologicos apresentam-se-nos, no homem—isolado ou em grupos, *em si* e como independentes da cooperação social, embora ella tenha decerto influido para attingirem a perfeição que revestiram; os sociaes, tendo igualmente por origem o influxo da vida social, não podem subsistir sem que continuem a considerar-se como existindo e sendo apenas possiveis *em relação* a uma tal *cooperação*.

Tal é a differença que nos parece existir entre a anthropologia e a sociologia.

551.° Isolada, assim, a anthropologia da sciencia que a precede e da que lhe succede, passemos a consideral-a na sua composição interior.

Conforme acima dissemos, a anthropologia, em harmonia com a nossa concepção pedagogica, dividir-se-ha, primeiramen-

te, em duas grandes secções: uma, occupar-se-ha do homem como um aggregado de attributos especificos, estaticos ou dynamicos, e, assim, comprehenderá, na sua vasta amplitude, tudo quanto se refere, quer ao homem considerado em si, quer ao homem considerado em relação aos grupos ethnologicos em que se differencia; a outra, occupar-se-ha dos processos disciplinares por via dos quaes é possivel regular, no homem, as energias dynamicas, quer sejam physiologicas, quer mentaes, e, assim, virá a comprehendar a hygiene, a logica, a esthetica e a moral com o direito natural. As sciencias que se occupam dos processos por via dos quaes é possivel disciplinar as faculdades humanas, devem, com effeito, n'uma composição encyclopedica como é a pedagogia geral, englobar-se na propria sciencia que se occupa de fixar a natureza d'essas faculdades; assim, no espirito dos pensadores ligar-se-hão, mais facilmente, noções tão nitidamente unidas como o são as que teem por objecto uma dada especie de energias e as regras destinadas a disciplinal-as e dirigil-as.

Passando a considerar o interior de cada uma das duas grandes secções em que dividimos a anthropologia, é natural subdividir a primeira em duas subsecções: uma, será constituida pela anthropologia geral e terá por objecto o homem em geral, considerado sob todos os aspectos que no nosso quadro de categorias pedagogicas (§ 473) se indicam; a outra, será a anthropologia especial e, tomando para base os attributos puramente anthropologicos, terá por objecto classificar e descrever os differentes grupos em que é possivel differenciar-se a especie humana.

Vem aqui a proposito indicar ao leitor como é que fundimos na nossa unificação pedagogica uma sciencia, essencialmente moderna, e hoje em voga — a «ethnologia».

Os pensadores que se occupam do homem e das raças humanas parece não haverem fixado, clara e nitidamente, o objecto d'esta sciencia. Campe, considerou-a em 1807 como significando a «descripção dos povos»; Wiseman, considerou-a como

«a classificação das raças pelo estudo comparado das linguas»; Littré, como a sciencia «que trata da origem e distribuição dos povos», attribuindo para objecto á ethnographia a descripção dos grupos humanos; Muller, finalmente, entende que o estudo das raças é o objecto da anthropologia, e o dos povos o da ethnologia, estabelecendo entre raças e povos uma distincção tão importante como é a que anteriormente fixamos entre anthropologia e sociologia. Vê-se que os homens da sciencia estão longe de se entenderem ácerca do objecto da ethnologia e, portanto, ácerca do caracter essencial d'este ramo do saber humano. Ora, em harmonia com a nossa concepção encyclopedica, parece-nos que a ethnologia, tomando para base caracteres anthropologicos e não sociologicos, deverá occupar-se de «classificar e descrever e redistribuir» pela superficie da terra os differentes typos humanos, apresentando-se-nos, assim, como equivalendo á anthropologia especial.

Como é facil de vêr, dividir-se-ha naturalmente em ethnographia e ethnogenia, occupando-se uma da descripção e a outra da genese e desenvolvimento das differentes raças e sub-raças em que se differencia o vasto conjuncto da especie humana.

II

O HOMEM

Attributos estaticos de natureza anthropologica: attributos estaticos quantitativos, quer sejam craneanos quer encephalicos; attributos estaticos qualitativos, craneanos ou encephalicos.— Attributos dynamicos de natureza anthropologica.— O homem, na sua genese e desenvolvimento.— A ethnologia.

552.º Em harmonia com a maneira como acabamos de definir a constituição geral da anthropologia, e em harmonia, por outro lado, com o nosso quadro de categorias, a sua apresentação pedagogica deverá iniciar-se por essa ordem de attributos estaticos que, no homem, se nos revelam como perfeitamente especificos e caracteristicos. Ora, derivando, a final, todos elles, da alta complexidade cerebral que distingue os sères humanos, hãode naturalmente filiar-se, directa ou indirectamente, na maneira de ser propria do encephalo humano e dos elementos estructuraes que, mais de perto, lhe digam respeito. Meditando detidamente sobre esta questão, tão fundamental na sciencia que nos occupa, ha razão para dividir, no homem, os attributos especificos de ordem estatica em dous grupos fundamentaes: os attributos estaticos, que poderemos denominar «quantitativos», e os attributos que poderemos denominar «qualitativos». Os quantitativos, poderão ainda subdividir-se em craneanos e encephalicos: craneanos, sel-o-hão a capacidade craneana, o angulo facial, os indices craneanos, etc.; encephalicos, o pezo do encephalo, do cerebro e outros. Pelo

seu lado, os qualitativos poderão igualmente subdividir-se em craneanos e encephalicos: craneanos, sel-o-hão a fórma das maxillas, a posição da cabeça na columna vertebral e, como connexa com uma tal posição, a propria fórma da columna, etc.; encephalicos, sel-o-ha a estructura do encephalo, quer por o que respeita á disposição ou numero das circumvoluções, quer á composição da substancia nervosa, etc.

A apresentação da anthropologia geral deverá, pois, ter como objecto offerecer ao alumno, sob o ponto de vista estatico, noções claras ácerca de todos estes attributos.

D'entre os quantitativos e craneanos, vem, primeiramente, a capacidade craneana. Em relação a ella haverá, é claro, a definir ao alumno a maneira como se avalia quantitativamente uma tal capacidade, isto é, dar-se-lhe-ha a conhecer a operação que denominam «cubagem». Sob este ponto de vista não deixará o professor de accentuar a enorme differença que os numeros accusam entre a capacidade craneana do homem e d'um anthropoide, como, por exemplo, o gorilha. Como é facil de vêr, a vasta capacidade craneana que se observa no homem, deriva, fatalmente e d'uma maneira bem directa, da sua alta integração cerebral.

Como segundo attributo quantitativo de ordem craneana, apparece-nos, em seguida, o angulo facial. N'este ponto, o professor começará por indicar as differentes noções que, ácerca de tão importante objecto, teem sido apresentadas, terminando por se fixar na que lhe parecer melhor. Poderá, por exemplo, acceitar para angulo facial o que é constituido por duas linhas — uma que se dirige do orificio auditivo até ao ponto alveolar e outra que, partindo d'este ponto, se dirige para o supra-orbitario: é o angulo de Cloquet. A grande abertura do angulo facial é um attributo humano perfeitamente caracteristico e especifico: no homem branco vae até 72.°; nos anthropoides, apenas attinge 38.°,6 a 32.°,2. Como a cavidade craneana, a maior ou menor abertura do angulo facial deriva evidentemente d'uma maior ou menor integração encephalica; a um progna-

thismo muito desenvolvido e, portanto, a um angulo demasiadamente agudo corresponde, com effeito, como é facil verificar, uma restricção consequente na capacidade craneana e, por isso mesmo, na amplitude e complexidade do encephalo.

Como terceiro elemento anthropologico, de natureza estatica, temos os indices craneanos. Como, em geral, são relações entre grandezas craneometricas d'uma certa ordem, o professor começará, é claro, por apresentar ao alumno uma noção geral de cada uma d'essas grandezas e dos processos por meio dos quaes se avaliam. Assim, ministrar-se-lhe-hão noções ácerca dos elementos destinados a caracterisarem quantitativamente os craneos humanos; e são elles: o diametro antero-posterior, que se obtem determinando uma média sobre os diametros de muitos craneos humanos; o diametro transverso maximo; o diametro vertical; o diametro frontal minimo ou estephanico; o diametro frontal maximo; as circumferencias craneanas; as cavidades craneana e orbitaria; a largura da fronte, etc. Posto isto, muitos indices se apresentam para definirem a conformação da caixa ossea em que o encephalo se aloja; taes são: o indice cephalo-orbitario, que deriva da comparação entre a grandeza das cavidades orbitarias e a grandeza da cavidade craneana; o indice cephalico, expresso pelo quociente que se obtem comparando o diametro transverso maximo com o diametro antero-posterior; o indice vertical, que é uma relação entre o diametro vertical e o diametro antero-posterior; o indice facial de Broca, que se obtem dividindo a grandeza da vertical tomada do ponto supra-orbitario sobre o plano alveolo-condyliano pelo diametro bizogmatico; e assim por deante. Todos estes indices veem, a final, a resumir-se em numeros, que são outras tantas resultantes quantitativas, derivadas da maior ou menor integração encephalica, isto é, d'esse attributo fundamental e verdadeiramente unico a que, no fundo, se reduzem todos os caracteristicos anthropologicos e essenciaes que distinguem o sêr humano. Assim, na opinião de Mentegazza, o indice cephalo-orbitario apresentará maior ou menor grandeza con-

forme fôr mais ou menos ampla a cavidade craneana; o indice cephalico porá claramente em relêvo a fórma, dolichocephala ou brachicephala, do craneo humano; as circumferencias, principalmente a horisontal, definem um craneo como frontal ou occipital, dando assim origem ás raças, frontaes e occipitaes, de Gratiolet: em summa, aqui e sempre os attributos anthropologicos derivam do grande attributo fundamental—a maior ou menor complicação encephalica.

Depois dos attributos craneanos, seguem-se os encephalicos, uns e outros, é claro, de ordem quantitativa. N'este ponto, ha principalmente a considerar o pezo do encephalo, do cerebro, e o volume, absoluto ou relativo, do todo ou de parte da massa encephalica, Como se sabe, a média para o homem é de 1:410 gr.; estando, por outro lado, assente que o cerebro do gorilha peza 567, vê-se que o cerebro humano peza quasi tres vezes mais do que o do anthropoide que, na escala zoologica, está d'elle mais proximo.

553.° Depois dos attributos, craneanos ou encephalicos, de ordem quantitativa, veem os craneanos ou encephalicos de ordem «qualitativa». Como exemplo d'esta ordem de caracteristicos anthropologicos, podemos apresentar a «posição da cabeça na columna vertebral», e, portanto, a conformação da propria columna. No homem, este elemento é perfeitamente especifico. Occupando o orificio occipital o meio da base do craneo, o seu pezo anterior e posterior quasi se equivalem; por isso, são horisontaes os eixos visuaes, é-o o plano de mastigação, e é-o, finalmente, essa porção do plano occipital que se estende para a parte superior do respectivo orificio. Ora, todos estes elementos de posição são outros tantos caracteristicos que definem o homem como um aggregado verdadeirameute especifico. Comparando-os, com effeito, aos elementos analogos que se nos deparam nos outros animaes, as differenças são frisantes: n'elles, o angulo diedro, formado por dous planos—o alveolo-condyliano e o orbitario, é mais aberto; a porção posterior do occipital é mais levantada de traz para deante e de baixo para cima.

Como consequencia d'uma tal posição da cabeça no vertice da columna vertebral, vem a columna a apresentar, no homem, disposições caracteristicas: ao contrario do que se nos revela nos animaes, apresenta ella tres curvas alternadas, disposição que permittirá á linha de gravidade da cabeça e tronco passar pela bacia, seguir a direcção do eixo de sustentação e tornar *recta* a attitude do sêr humano. Ao contrario dos hominianos, nos anthropoides é obliqua; nos quadrupedes, horisontal.

Como attributo qualitativo de ordem encephalica, deve apresentar-se ao alumno a composição e estructura do encephalo. É, n'este logar, o momento pedagogico, realmente opportuno, para dar ao alumno conhecimento, sufficientemente claro e nitido, d'essa elevada integração estructural que caracterisa o orgão do pensamento. Pois que, na vida mental do homem, tudo se reduz a sequencias organisadas ou não organisadas entre dous termos, o instrumento morphologico que corresponde a taes manifestações de energia nervosa deverá ser reduzido, perante o alumno, a uma vasta e complicada synthese de fibras afferentes e eferentes, dominadas pelos seus respectivos centros coordenadores. Ora, para o conseguir (vid. § 47 e seg.) virá, primeiramente, uma indicação geral de toda a topographia encephalica—exterior; depois, caracterisar-se-hão os nucleos mais importantes da massa encephalica e as cavidades sub-hemisphericas; depois, reduzir-se-ha todo este grande conjuncto a um complexo de ganglios communicando entre si por meio de certos systemas de ligação, interiores ou periphericos; depois, como complemento, virá a descripção dos receptaculos terminaes dos feixes periphericos de ligação; depois, virá a reducção de toda a massa nervosa a um todo concreto composto de cellulas e fibrillas, que são os abstractos componentes: em summa, será decompondo um orgão tão importante e complexo em elementos abstractos e estes em outros mais abstractos ainda, que levaremos o alumno até obter um conhecimento sufficiente de tão importante como delicada synthese estructural.

Taes são os attributos estaticos mais fundamentaes que nos parece indispensavel indicar como devendo caracterisar o homem sob o seu aspecto anthropologico.

554.º Embora a energia vital se redistribua n'elle sob fórmas tão variadas como as que se revelam nos outros animaes, só essa porção que tem o cerebro para campo de acção é que, parece-nos, deverá ser presente ao alumno como verdadeiro elemento anthropologico; assim, attributos estaticos e dynamicos, derivarão, na anthropologia, unicamente da alta complexidade d'esse orgão, que vêem, a final, a ser o verdadeiro caracteristico do sêr humano. Em summa, os unicos attributos «dynamicos» que cumpre considerar na anthropologia serão as manifestações *psychologicas,* pois que n'ellas se resume esse alto dynamismo mental que caracterisa o sêr humano.

Na nossa hierarchia pedagogica é, pois, aqui para a psychologia o verdadeiro logar. Resta, portanto, que o professor a apresente ao alumno com toda a clareza e lucidez.

A este respeito, é conhecido o nosso modo de pensar; a segunda parte da «Introducção» aos *Principios de Pedagogia* é, com effeito, uma concepção dupla em que, indicadas algumas idéas geraes ácerca do homem physiologico, se descrevem resumidamente os seus attributos psychologicos. Ahi, consideramos, com effeito, o homem intellectual, emocional e moral: no intellectual, analysamos os estados primitivos ou derivados de consciencia, as sensações e as idéas, a formação das idéas particulares dos objectos, o objecto das idéas, as nossas experiencias, a deducção e a sciencia, isto é, tudo quanto essencialmente constitue o mechanismo do homem intellectual; no emocional, caracterisamos a essencia do prazer ou dôr, as emoções simplesmente vegetativas, as emoções intellectuaes de natureza utilitaria, as emoções intellectuaes de natureza esthetica, o bello, o sublime, a sua objectivação exterior, etc.; no homem moral, finalmente, fixamos a natureza fundamental das acções humanas e a conducta moral. Em summa, o leitor tem, na resumida exposição psychologica que se encerra na nossa «Introducção geral», uma coordenação

pedagogica, sufficientemente caracterisada, d'essa difficil sciencia destinada a estudar os productos psychicos do nosso dynamismo cerebral. Transportando-a para este logar, virá, assim, a completar-se a nossa concepção pedagogica.

555.° Havemos, até aqui, considerado, sob o ponto de vista estatico e dynamico, o homem n'um dado momento da sua existencia; em harmonia com o nosso quadro de categorias pedagogicas, cumpre que agora o consideremos na sua *genese* e *desenvolvimento.*

Como é sabido, mais d'uma tentativa se tem feito para se caracterisar, d'uma maneira definida, a longa série de phases que, na sua genese e evolução, atravessa o sêr humano. A de Haeckel, phantastica decerto em muitos pontos, tem, comtudo, muito de real e logica; convirá, portanto, dar d'ella uma idéa sufficientemente approximada.

Para que a anthropogenia humana constituisse para a sciencia um ramo completo de saber, seria necessario que outros fossem os nossos conhecimentos actuaes ácerca da evolução psychologica dos individuos da nossa especie; como já anteriormente fizemos sentir (§ 147) são, porém, demasiadamente fragmentadas e incompletas as noções que possuimos ácerca de um tal objecto, não podendo, por isso, entrar como elementos fundamentaes no conjuncto geral da nossa instrucção encyclopedica.

Tal é a anthropologia, quando considera os attributos, estaticos ou dynamicos, do homem, quer n'um dado momento da sua existencia, quer em evolução. Todos elles, como vimos, se reduzem a esses elementos especificos que, directa ou indirectamente, derivam da alta integração do cerebro humano, incontestavelmente o orgão que, pela complexidade elevada que a evolução lhe fez attingir, nos separa, nitida e definidamente, dos animaes superiores e até mesmo dos anthropoides.

556.° Á anthropologia geral segue-se naturalmente a anthropologia especial, ou antes, como anteriormente fizemos vêr, a ethnologia.

N'esta parte da sciencia ha, como é sabido, a redistribuir, primeiramente, em grupos e subgrupos, os sêres humanos. É uma operação difficil esta, por isso que, devendo basear-se em attributos puramente anthropologicos e não estando, sob um tal ponto de vista, sufficientemente avançada a sciencia, não é possivel architectar uma classificação ethnologica, rigorosa e precisa.

Para a realisar, somos forçados a lançar mão, quer dos attributos anthropologicos anteriormente descriptos, quer d'outros que podemos suppôr derivados, embora muito indirectamente, da alta integração cerebral do sèr humano, fonte primordial, é claro, de todos os caracteristicos especificos que anthropologicamente o distinguem. Como taes, podemos considerar: a estructura do cabello e a côr da pelle, propriedades em evidente connexão com um estadio evolutivo mais ou menos avançado e, portanto, com uma complexidade cerebral mais ou menos intensa; as differentes fórmas que revestem as relações sexuaes, quando puras e simples e sem dependencia de uma cooperação tendente á realisação de uma vida commum e á educação da prole, relações estas que são um verdadeiro attributo anthropologico, derivado, é claro, d'uma composição encephalica em que os instinctos animaes predominam; a anthropophagia, que é um verdadeiro attributo de animalidade; a fórma do maxillar superior, hyperbolica ou parabolica quando nas raças brancas, em fórma de ⊏ quando nas raças negras e nos anthropoides, elliptica quando nos macacos.

Quando, sobre estes e os attributos anteriores, pretendemos construir uma classificação ethnologica, surgem as difficuldades, e taes são ellas que os especialistas não as resolvem.

Bem assente, parece estar uma primeira redistribuição da especie humana em tres vastos grupos: o grupo «branco», com o systema piloso desenvolvido em todo o corpo, o vertice do craneo arredondado, o craneo anterior muito desenvolvido, a côr branca, uma capacidade craneana ampla e vasta, a fronte larga na base, o rosto oval, as narinas ellipticas, o prognathis-

mo minimo, a barba saliente, etc.; o grupo «mongol», com a côr amarellada, os cabellos longos e asperos, a cabeça grossa, uma capacidade craneana média, a face achatada, os eixos palpebraes obliquos, o prognathismo médio; o grupo «negro», com a pelle luzidia e negra, os olhos pretos, o craneo dolichocephalo, a capacidade craneana menor do que nas outras raças, a fronte estreita na base, as arcadas superciliares pouco salientes, o prognathismo desenvolvido, etc. Como é facil vêr, são tudo caracteres anthropologicos.

Depois da redistribuição, em grupos, dos sêres humanos, seguir-se-hia indicar a sua redistribuição em subgrupos e, ainda, em subdivisões d'esses subgrupos; sobre o que haja a dizer, n'este ponto, póde, porém, o professor elucidar-se em qualquer livro de anthropologia.

Como em todas as sciencias que se occupam de aggregados, a fim de ficar completa a ethnologia, cumpre, agora, passar á ethnographia propriamente dita e á ethnogenia, isto é, hade apresentar-se ao alumno a *descripção* dos differentes grupos de sêres humanos, caracterisando-os, é claro, por via de attributos puramente anthropologicos, e bem assim a *genese* e *evolução* d'estes grupos. Esta é a ordem pedagogica; a sciencia está, porém, n'este ponto tão atrazada que difficilmente poderá, no momento actual, fornecer noções solidas e, portanto, dignas de se enquadrarem nos programmas geraes do nosso ensino encyclopedico.

Tal é, muito resumidamente, o conjuncto pedagogico d'essa grande secção da anthropologia, destinada a occupar-se do homem em geral e dos grupos e subgrupos em que os sêres humanos se redistribuem.

III

A DISCIPLINA DAS FACULDADES

Caracter pedagogico das sciencias que teem por objecto as leis destinadas a disciplinar as energias humanas.—Disciplina das aptidões physiologicas: a hygiene; pontos de vista fundamentaes.—Disciplina das faculdades intellectuaes: a logica; condições de legitimidade das nossas noções empyricas ou conceptuaes; condições de legitimidade da inducção e deducção.—Disciplina das faculdades emocionaes: a esthetica em geral; as bellas-artes em particular.—Disciplina das faculdades moraes: a moral; o direito natural.

557.º Depois de havermos considerado o homem sob o ponto de vista dos seus attributos estaticos ou dynamicos, segue-se apresentar ao alumno o complexo geral de leis e regras destinadas a guiarem as manifestações dynamicas que, como mais fundamentaes, acabamos de caracterisar.

Quaesquer que sejam, hãode naturalmente propôr-se a regular duas ordens fundamentaes de actividades: as physiologicas e as psychologicas. Sendo, por outro lado, bem certo que o grupo das actividades psychologicas ou mentaes póde ainda redistribuir-se em actividades intellectuaes, emocionaes e moraes, a cada uma d'estas subdivisões corresponderão grupos de regras correlativas. Em summa, para regular, no seu exercicio, as energias physiologicas, teremos a «hygiene», e para regular as actividades mentaes teremos a «logica e a esthetica e a moral com o direito natural»: a logica, para as energias intellectuaes; a esthetica, para as emocionaes, a moral com o direito, para as moraes. Estes quatro complexos de leis theoricas e

preceitos praticos virão, pois, a constituir a corôa de toda a anthropologia e, portanto, um preparatorio natural e indispensavel da sociologia.

Antes de entrarmos na exposição, especial e summaria, que deverá ter por objecto cada um d'aquelles quatro grupos de leis disciplinares das nossas actividades physiologicas ou mentaes, cumpre ainda caracterisar, d'uma maneira geral, a indole essencial que os distingue. De tudo quanto ao leitor havemos expendido desde que iniciamos o desenvolvimento, logico e methodico, da nossa operação pedagogica, não póde, é claro, deixar de se concluir o seguinte: que hade fatalmente ser adaptativa e não regulativa a disciplina reguladora das nossas energias physiologicas ou mentaes; o principio que acabamos de enunciar, deduz-se, com effeito, quer do conjuncto geral da nossa introducção historica, quer do aspecto sob o qual encaramos a educação physica, quer, em summa, da indole essencialmente caracteristica de toda a nossa concepção pedagogica. E, realmente, adaptando as nossas faculdades, por via d'um bem regulado exercicio, á realisação do fim a que visam e não impondo-lhes regras directoras de conducta, é que hãode crear essa elevada e intensa energia, essencialmente apta, para attingirem o alvo que lhes é indicado pelo educador; mas, a ser assim, pois que a logica e a moral e a esthetica são complexos de regras que, scientificamente coordenadas, se propõem disciplinar e dirigir a conducta mental do alumno, revestindo, portanto, um caracter mais impositivo do que adaptativo, como hãode realisar, d'uma maneira natural e facil, essa disciplina psychologica, que só d'habitos, bem estratificados, deve derivar? Se o alumno, mercê da acção educativa de tantos factores pedagogicos postos em acção pelo educador, já adaptou o seu dynamismo physiologico a habitos hygienicos, o seu poder descriptivo á descripção dos differentes aggregados, a sua habilidade em classificar á classificações de animaes ou vegetaes, a sua potencia deductiva ás deducções do calculo ou da geometria, o seu poder inductivo á organisação de tantas e tão

repetidas experiencias, as suas tendencias estheticas á apreciação do bello, a sua conducta moral á conformidade com o bem, que papel virão a desempenhar, em face de tantos habitos adquiridos, a hygiene que regula as actividades physiologicas, a logica que disciplina as operações da intelligencia, a esthetica que domina a vida emocional, a moral que guia a acção da vontade?

A situação, verdadeiramente philosophica, que aquelles quatro grupos de leis disciplinadoras das actividades humanas occupam no conjuncto geral d'uma concepção pedagogica, racional e bem ordenada, parece-nos poder definir-se pela seguinte maneira: «a hygiene, a logica, a esthetica e a moral, n'uma concepção educativa bem equilibrada, devem constituir para o alumno como que o elevar-se até a *consciencia* da longa série de habitos estratificados que inconscientemente adquiriu sob a acção do educador, e ainda como que um *guia* seguro para se lançar de per si na senda de futuros aperfeiçoamentos». Assim, ao attingir essa altura da evolução educativa em que se lhe apresentam tão importantes regras de conducta physiologica ou mental, longe de lhe apparecerem com esse caracter impositivo que, conforme as nossas conclusões anteriores (§ 3.° e 4.°), é radicalmente incompativel com um regimen pedagogico bem organisado, patentear-se-lhe-hão, pelo contrario, como o complemento consciente d'uma longa adaptação inconsciente, como o quer que seja d'um «deve e hade haver», em que o alumno procede ao balanço das aptidões accumuladas ou perdidas, como o fio conductor por onde, finalmente, haverá de se guiar, a fim de, ao terminar a operação educativa que os outros n'elle realisaram, poder, entregue só a si, aperfeiçoar e conservar os bons habitos adquiridos.

Tal é, parece-nos, a situação logica que aquelles quatro grupos de principios scientificos devem occupar no conjuncto geral da nossa concepção pedagogica e de toda a economia docente bem organisada; assim, longe de serem uma superfetação, impositiva e artificial, apparecem-nos, pelo contrario,

como uma extensão espontanea d'essa longa série de adaptações que, no seu conjuncto geral, constituem o elemento educativo de uma sã e racional pedagogia.

Postas estas considerações, passemos a ponderar, separadamente, cada um dos quatro grupos disciplinares das nossas actividades physiologicas e mentaes.

A HYGIENE

558.º A systematisação pedagogica a que (§ 158 e seg.) subjeitamos anteriormente a educação physica, dispensa-nos, n'este logar, de apresentar considerações fundamentaes ácerca da hygiene. Como anteriormente dissemos, a educação physica é uma hygiene systematisada; portanto, equivalem-se nas suas linhas essenciaes.

Quaesquer que sejam os seus fins especiaes, por o que respeita ao fim geral deve ella visar a desenvolver, tanto quanto possivel, a energia physiologica do homem e a redistribuil-a harmonicamente em todos os systemas e orgãos.

Em harmonia com um tal objectivo, a coordenação pedagogica da hygiene deve unificar, n'um todo systematico e bem unido, os seguintes elementos fundamentaes:

1.º Os agentes hygienicos que, interior ou exteriormente, são capazes de modificar o homem, a ponto de o levarem a attingir a plenitude da vida physica;

2.º A acção d'esses agentes, a qual, exercendo-se no homem d'uma maneira conveniente, virá a accumular-se-lhe no organismo;

3.º A redistribuição harmonica das energias, assim accumuladas, por todos os systemas e orgãos.

Em torno de cada um d'estes elementos fundamentaes condensará o professor as noções essenciaes que mais concorrerem para realisar uma systematisação, nitida e definida, da sciencia.

Por o que respeita aos agentes ou modificadores hygieni-

cos, descrevel-os-ha na sua substancia, propriedades e influencia; e, assim, fallará da acção longinqua que sobre nós exercem os astros do systema, dos agentes naturaes ou artificiaes, que, como o calor ou os vestidos, influem em nós externamente, dos agentes que, como o ar ou os elementos, influem em nós internamente, etc., etc.; e, em seguida, uma vez especificados na sua natureza, passará a caracterisal-os nas suas propriedades, indicando as variadas causas de insalubridade nas habitações ou os mil elementos de viciação do ar, ou as repetidas circumstancias que produzem a impureza das aguas, etc., etc.; depois, indicará ainda, comprovando-a com factos, a energica influencia que taes agentes exercem no equilibrio da vida humana.

Passando ao segundo grande ponto de vista, virão á tela do ensino os meios mais convenientes de aproveitar tão energicas influencias, para, mercê da sua acção, conservar a frescura da saude e os gosos do bem-estar: e, então, será occasião opportuna para fallar da alimentação apontada como mais sadia, para indicar as fórmas que toma o banho e quaes sejam as mais convenientes, para registrar o valor dos vestidos em relação ás estações, etc., etc.

Por ultimo, accumuladas no organismo tantas e tão importantes energias, será chegado o momento pedagogico de o professor se occupar dos processos por via dos quaes podem ser harmonicamente redistribuidas no organismo; os *exercicios* hygienicos serão, em summa, considerados n'este logar, quer tendam a redistribuir no cerebro a energia vital, quer n'outros orgãos internos, quer no systema muscular: por mais variadas que sejam as suas fórmas interiores, na essencia são sempre movimentos que se executam, subjeitos a uma certa regra. Será, portanto, occasião de indicar ao alumno em que deva consistir a hygiene do cerebro, dos orgãos dos sentidos, do systema muscular; será occasião de lhe fixar as relações em que os seus preceitos devam estar para com os differentes periodos da vida humana; de lhe indicar o erro grave em que incorrerá se, favo-

recendo certos systemas em prejuizo d'outros, emperrar o rodar harmonico em que devem equilibrar-se as engrenagens da vida humana.

E bastarão estas simples observações.

A LOGICA

559.º Se a logica, abstracta e deslocada como é d'uso apresentar-se nos nossos actuaes centros escolares, reune em si o que ha de mais mechanico, impositivo e artificial, offerecida ao alumno como a corôa d'uma longa série de adaptações destinadas a aperfeiçoarem as nossas energias mentaes, transforma-se n'uma concepção, verdadeiramente racional, espontanea e scientifica. Como ainda ha pouco o fizemos sentir d'uma maneira geral, ao penetrar n'ella o alumno será levado a contemplar, em regras bem coordenadas e fixas, o reflexo dos proprios habitos intellectuaes que, mercê d'uma educação bem dirigida, a acção do educador n'elle póde estratificar; e será para elle extremamente consolador, ao fixar a attenção n'essas regras que, durante longos annos, inconscientemente seguiu, proceder ao inventario das aptidões adquiridas, lêr na propria consciencia o balanço dos ganhos e perdas, orientar-se na maneira de polir os defeitos ainda existentes, conquistar, finalmente, a independencia do seu proprio raciocinar e, assim, lançar-se elle, só e desacompanhado da acção estranha do professor, na vasta e grande lucta pela sciencia e pela verdade. Tal como a consideramos na nossa concepção pedagogica, a sciencia que nos occupa, longe de ser um complexo de regras mortas e mechanicas e artificiaes, ás quaes o impositivismo serve de base, ergue-se á altura d'um verdadeiro instrumento disciplinador do espirito humano, natural, espontaneo e verdadeiramente constructivo.

Legitimada, assim, a introducção racional da logica na nossa concepção pedagogica, passemos a apresentar algumas noções geraes ácerca da sua systematisação methodica.

560.º Conforme já tivemos occasião de vêr (§ 63), duas

espheras ha a considerar no campo do pensamento humano —a objectiva e a subjectiva: na objectiva, as relações e aggregados e movimentos que nos impressionam podem ser presentativos ou representativos (§ 78), conforme são capazes de produzirem em nós sensações ou apenas méras concepções; na subjectiva, as idéas podem ser empyricas ou racionaes (§ 73 e seg.), conforme provéem de objectos presentativos ou representativos.

Uma vez estabelecida esta grande separação entre o objectivo e o subjectivo, é por outro lado evidente que, se pretendemos passar da contemplação dos objectos presentativos, como o é, por exemplo, um mineral ou um vegetal, para a concepção d'um objecto representativo, como o é, por exemplo, uma molecula, só o poderemos fazer architectando *hypotheses*, mercê das quaes, por via do que vemos, possamos elevarmo-nos á contemplação intellectual do que não vemos. Considerando, portanto, no seu conjuncto geral toda a esphera objectiva, vê-se que ou recebemos impressões sensoriaes derivadas dos seus objectos presentativos ou, mercê da nossa energia constructiva, concebemos os objectos representativos, como real ou idealmente existentes. De tudo isto póde, pois, concluir-se que dous grupos fundamentaes de principios logicos hãode, desde já, tender a coordenar-se em leis bem claras e definidas: para um lado, apresentar-se-nos-hão todas essas séries de preceitos que visam a regular o legitimo exercicio da nossa acquisividade *sensorial*, pois que aos sentidos se dirigem as impressões que dos objectos presentativos derivam; para outro, offerecer-se-nos-hão as leis por via das quaes architectamos as *hypotheses*, isto é, os principios que, desde o presentativo que vemos, nos elevam até ás regiões do representativo que não vemos.

Deixando a esphera objectiva, penetremos na subjectiva, isto é, na esphera das idéas que formamos ácerca dos objectos. A primeira questão logica d'ordem fundamental que immediatamente se nos apresenta, é determinar as leis por via das quaes o espirito humano consegue lançar o traço de união entre o

objectivo e o subjectivo, de maneira que, dado o objectivo, tenhamos a certeza do subjectivo, e, dado o subjectivo, haja a certeza do objectivo. É esta, como se sabe, a debatida questão que visa a estabelecer se por ventura são realmente «certos» os conhecimentos que temos ácerca do mundo exterior.

Entrando na esphera subjectiva, as operações que ácerca das nossas idéas realisamos, reduzem-se, como é sabido, a sommar idéas particulares de attributos ou relações (§ 82 e seg.) em idéas geraes ou experiencias organisadas, a caracterisar essas experiencias e, finalmente, a extrahir das relações geraes novas relações particulares, isto é, a generalisar, induzir e deduzir.

Taes são, parece-nos, as operações mais essenciaes que a sciencia destinada a regular as nossas energias intellectuaes, isto é, a logica, terá por officio disciplinar e dirigir. Da sua natureza fundamental e das relações intimas entre ellas estabelecidas póde, pois, cremos nós, deduzir-se a composição geral da logica, accentuada nas suas secções fundamentaes; ora, analysando aquellas operações, julgamos poder concluir que a sciencia destinada a regular as nossas operações intellectuaes deverá coordenar-se de maneira a considerar, na ordem que vamos indicar, os seguintes pontos fundamentaes:

1.° Condições necessarias para que seja legitima a acquisividade realisada, em relação ao mundo presentativo, pelos nossos *apparelhos sensoriaes;*

2.° Condições necessarias para se estabelecer uma *legitima transição* entre o mundo objectivo-presentativo e o mundo subjectivo;

3.° Condições a que devem satisfazer as *hypotheses,* mercê das quaes do presentativo nos elevamos até ao representativo, isto é, do que vemos ao que concebemos;

4.° Condições a que devem satisfazer as nossas *generalisações* e *inducções* para serem legitimas, ou objecto da logica inductiva;

5.° Condições a que devem satisfazer as nossas *deducções* para serem legitimas;

6.° Condições a que devem satisfazer os meios por via dos quaes se *exprimem* as nossas idéas e juizos e raciocinios.

Dêmos, ácerca de cada uma d'estas secções fundamentaes da logica, algumas indicações geraes.

561.° A operação fundamental, por via da qual realisamos a acquisividade sensorial dos nossos conhecimentos, diz-se «observação», quaesquer que sejam as fórmas sob as quaes se nos apresente. Um objecto presentativo existe no exterior, uma impressão deriva d'elle para nós, os nossos receptaculos sensoriaes colhem-na, uma sensação produz-se, sensação de que virão a derivar as noções empyricas que, na consciencia, se formam ácerca do objecto; se o espirito humano dirige sobre elle a sua actividade em ordem a produzir e a accentuar, bem definidamente, esta série de operações, tudo isto com o fim de nitidamente o conhecer, *observa-o*. Ora, uma tal operação, a levarmos longe o espirito de generalisação, póde incidir, quer sobre objectos presentes, quer sobre objectos distantes pelo tempo e pelo espaço, e, no primeiro caso, ser ainda pura ou auxiliada: se, por ventura, é simples e se opéra sobre objectos presentes, haverá o acto de observar, tal como o realisamos ao contemplarmos um mineral ou vegetal; se é auxiliada e operamos sobre objectos presentes, então haverá a observação telescopica ou a espectral, ou a microscopica, ou ainda essa outra a que denominamos «experiencia», pois que esta não é mais do que a operação fundamental de observar, quando auxiliada por circumstancias de proposito provocadas para modificarem de certa maneira o phenomeno; se, finalmente, se opéra sobre objectos distantes pelo tempo ou pelo espaço, a impressão dos factos ou dos objectos só por via de elementos intermediarios póde chegar até nós e, então, merecerá maior ou menor credito conforme a *auctoridade* que valorisar esses elementos. Em summa, é evidente que, sob o ponto de vista do valor logico da acquisividade realisada por meio dos sentidos, se agrupam as leis destinadas a garantirem a rigorosa certeza de todas as fórmas de observação que acabamos de apresentar, de maneira que ao pro-

fessor cumprirá, n'este logar, indicar os preceitos logicos a que hãode subordinar-se, quer as observações operadas por meio de instrumentos astronomicos, quer as experiencias que, na chimica, se executam, quer as vivisecções que, na biologia, provocam certos phenomenos vitaes, quer as simples observações destinadas a registrar as leis da physica, etc., etc.; pelo seu lado, o que denominam «critica historica» virá a constituir um ultimo complemento á theoria logica da acquisividade sensorial, pois que o seu objecto se resume, a final, em estabelecer as regras, mercê das quaes o espirito humano consegue elevar-se até á certeza de factos a que, por distantes, não assistiu.

562.º Reduzida ao seu rigor logico a legitimidade d'essa vasta porção de noções que para nós derivam dos sentidos, segue-se mostrar ao alumno como é igualmente legitima e rigorosamente certa a transição que se opéra ao passarmos do mundo externo ou objectivo para o mundo subjectivo ou da consciencia.

É, decerto, bem conhecida do leitor a importancia d'esta alta questão e o ardor com que tem sido agitada nas differentes escolas philosophicas. As direcções que, em geral, o espirito humano tem seguido para a resolver, podem reduzir-se, considerando-as como as mais essenciaes, ás seguintes: a direcção mental que nos leva a só acceitar como legitimos os conhecimentos que derivam do mundo exterior; a direcção mental que nos leva a admittir como legitimos só os conhecimentos derivados da observação interior; ess'outra direcção de verdadeiro equilibrio que acceita o subjectivo-objectivismo como fonte segura da verdade; e, por ultimo, ainda, a opinião d'aquelles que, acceitando no todo ou em parte os criterios anteriores, julgam indispensavel a intervenção d'uma potencia sobrenatural como sustentaculo ultimo da certeza das nossas convicções. Como representante moderno do objectivismo puro, derivado do mundo exterior, póde citar-se, por exemplo, A. Comte, pois que, admittindo apenas a observação quando incide sobre o mundo exterior, negava radicalmente a existencia d'uma obser-

vação interior; como representantes do subjectivismo puro, podem indicar-se certos philosophos allemães que, como Fichte, receberam o impulso da operação kantiana; como representantes da escola que admitte para fonte do nosso saber a observação interior e exterior, podem considerar-se os psychologos da escola escoceza, de que a nossa introducção psychologica é um reflexo modificado; como representantes, finalmente, dos que, não vendo nas fontes positivas das nossas noções condições sufficientes de legitimidade e de certeza, as vão pedir á intervenção d'uma potencia sobrenatural, podem citar-se Malebranche e mesmo o proprio Descartes, o qual, apesar do seu incontestavel genio de positividade, ia fundar na «veracidade de Deus» a certeza do nosso saber fundamental.

Para todos estes pontos de vista deverá o professor attrahir a attenção de alumno, não deixando, é claro, de lhe apontar um resumo historico, destinado a indicar-lhe as concepções dos pensadores que, em relação a uma tal questão, mais notaveis se teem tornado na historia do pensamento humano.

Depois, deverá, é claro, accentuar uma solução, rigorosa e positiva, para tão interessante debate, solução que, pensamos nós, não poderá deixar de nos levar a acceitar o subjectivo-objectivismo como a unica fonte legitima da certeza que devem revestir todas as nossas noções. O processo por via do qual se consegue estabelecer a transição entre a esphera dos sentidos externos e a esphera da consciencia e, portanto, entre a legitimidade da observação exterior e a legitimidade da observação interior, consiste, com effeito, em seguir uma d'estas duas veredas, essencialmente oppostas, mas dirigindo-se para o mesmo fim: ou dar como certa, á maneira de Descartes, a observação interior e, por meio de raciocinios irrefutaveis, transitar de lá até estabelecer a legitimidade incontestavel da observação exterior; ou então, partir, como fizemos na nossa introducção psychologica, da observação exterior e elevarmo-nos até á certeza indiscutivel da observação interior. Este segundo modo de proceder está, hoje, mais em harmonia com o pre-

dominio, progressivamente mais e mais crescente, da physiologia moderna; e o leitor teve occasião de vêr, na nossa «Introducção», como, tomando para base a physiologia ou seja a observação exterior, elevamos sobre ella uma verdadeira psychologia subjectivo-objectiva.

Na nossa opinião, o elemento fundamental d'esta grande questão consiste em estabelecer entre o mundo exterior e interior um nexo por tal fórma rigoroso e racional que, dadas, por exemplo, as sensações, as quaes, sendo verdadeiras manifestações da vida interior, se agitam, comtudo, nos ultimos confins da esphera subjectiva, e dadas as idéas, destinadas a serem evidentemente uma manifestação puramente subjectiva, liguemos, por meio d'elle, idéas e sensações, de modo que, admittidas umas e outras, possamos elevar-nos até a natureza das causas oppostas que produzem estas duas ordens de phenomenos; ora, qual deva ser o processo logico para se estabelecer um nexo tão fundamental, póde o leitor avalial-o na parte da «Introducção geral» em que nos occupamos de fixar a distincção entre as sensações e as idéas (§ 65). Ahi verá, com effeito, o seguinte: que as sensações nos apparecem como phenomenos *vivos* e *immodificaveis*, em si ou na ordem em que se succedem, pela acção da nossa energia intrinseca; e que as idéas se nos apresentam, pelo contrario, como phenomenos, muito *menos vivos* e total ou parcialmente *modificaveis*, em si ou na ordem, por essa mesma energia intrinseca.

Esta differença, tão fundamental, entre as idéas e as sensações, umas e outras verdadeiros estados de consciencia e, portanto, verdadeiros phenomenos de observação subjectiva, eleva immediatamente o espirito até admittir que na *causa* de uns e na d'outros phenomenos hade ir procurar-se a razão de ser, destinada a explicar-nos as differenças caracteristicas n'elles manifestadas; se, com effeito, uns são vivos e *immodificaveis* pela acção d'essa energia que em nós deriva e os outros são esbatidos e *modificaveis* por essa mesma acção, é porque a causa dos modificaveis está em nós e fóra de nós a dos immo-

dificaveis: entre o *eu* e o não *eu* ha, portanto, um traço de união, mercê do qual, dada a existencia do *eu*, é forçoso admittir a do não *eu*; ou, então, dada a existencia do não *eu*, é fatal admittir a do *eu*. Assim, o subjectivo demonstra-se pelo objectivo e o objectivo pelo subjectivo; como consequencia, a certeza dos conhecimentos que derivam da observação subjectiva e a certeza dos que derivam da observação objectiva é irrefutavel.

Tal é, parece-nos, a série de raciocinios por via dos quaes é possivel ao espirito humano ligar, por um nexo rigoroso, o subjectivo e o objectivo, e fundar, portanto, em bases solidas a certeza com que deve adherir ás noções para elle derivadas da observação interior e exterior.

563.º Dados como certos os conhecimentos que provéem, quer dos sentidos externos, quer da consciencia, segue-se guiar o alumno de maneira que, por meio de processos igualmente rigorosos e logicos, da esphera onde só contempla objectos presentativos possa elevar-se até á esphera onde possa conceber objectos representativos, reaes ou ideaes. Os objectos presentativos (178) são todos os aggregados e movimentos e relações que, como os vegetaes ou animaes, são capazes de impressionarem os nossos sentidos; os representativos reaes são esses aggregados que, como as moleculas, existem realmente no mundo que nos cerca, mas só podem por nós ser concebidos; os representativos ideaes são, finalmente, esses outros objectos que, como as fórmas da geometria, só existem, a final, na téla da nossa propria intelligencia. Todos estes objectos, ácerca dos quaes architectamos o nosso saber, variam, comtudo, pela sua presentatividade ou representatividade; ora, certeza legitima, em rigor logico, só a ha, em harmonia com as conclusões anteriores, para os presentativos, por isso que, derivando da observação dos sentidos, d'ella não podemos duvidar. Por isso, é necessario que a logica nos indique o caminho por onde, partindo do presentativo, seguiremos por uma d'estas duas direcções distinctas: uma, que eleve o nosso espirito desde os objectos que nos impressionam até á existencia d'esses objectos

representativos que, existindo para nós idealmente, apenas avultam no campo da nossa propria razão; outra, que o erga até á concepção d'esses outros objectos representativos que existem realmente no mundo exterior que nos cerca. No primeiro caso, a logica tem a apresentar os meios disciplinares da nossa *energia abstractiva* e *associativa*, energia mercê da qual, por uma attenuação dos objectos visiveis, subimos, como acontece na geometria, até á concepção de fórmas puramente abstractas e ideaes; no segundo, tem de apresentar as condições de legitimidade das *hypotheses*, pois que por via d'ellas nos elevamos até á construcção d'essas grandes concepções, mercê das quaes por meio do invisivel tentamos explicar o visivel.

Deixando de lado o primeiro caso, é evidente que o segundo tem, na sciencia moderna, a mais alta importancia; elaborar uma hypothese racional é, com effeito, crear todas essas grandes theorias que, hoje, dominam a astronomia, a physica, a biologia, etc. E, como é facil de vêr, essas theorias não são mais do que grandes construcções representativas em que, partindo do mundo presentativo, architectamos um mundo representativo, tão real como o primeiro e destinado a explical-o: a theoria molecular não é, com effeito, mais do que uma associação de massas e movimentos invisiveis, combinando-se para explicarem phenomenos visiveis; o ether, electrico ou luminoso, na sua conceptualidade, não é mais do que uma massa gazosa e, portanto, visivel, attenuada na grandeza das suas particulas ou movimentos; e assim por deante. Ora, para a logica, é evidentemente indispensavel estabelecer as regras segundo as quaes hade julgar-se da legitimidade das construcções d'esta ordem, as quaes, alongando a esphera dos objectos do saber, arrastam o nosso espirito para além do mundo visivel, lançando-o atravez de regiões invisiveis, embora reaes.

Quaes deverão, então, ser as condições de legitimidade de taes construcções, isto é, d'uma hypothese? Pois que a hypothese é uma grande construcção representativa e real, destinada a explicar factos presentativos, a sua legitimidade hade con-

siderar-se em relação á *origem*, em relação á propria construcção conceptual *em si* e, finalmente, em relação ás suas *applicações* á explicação dos phenomenos: considerada na origem, deve ser tal que «derive, por meio d'um nexo natural e intimo, de factos rigorosamente observados», quer em si, quer nas suas relações; considerada em si, isto é, na sua constituição essencial, deve apresentar-se ao espirito como «uma associação de elementos, construida em harmonia com todas as nossas experiencias anteriores ácerca do mundo objectivo e subjectivo»; considerada nas suas applicações, deve, em ultimo logar, conter em si a força de *explicação* e de *previsão*, isto é, deve ser tal que, por meio d'ella, se expliquem e possam prevêr todos os factos a que seja possivel applical-a e que, portanto, se encerrem na sua esphera d'acção. Assim construida, a hypothese será, parece-nos, um elemento de alto valor logico e scientifico e, por isso mesmo, uma engrenagem fundamental na economia mental do nosso saber ácerca da dynamica e estructura do mundo.

564.º Temos, até aqui, indicado as condições de legitimidade que devem revestir as nossas observações sensoriaes, a intima e legitima ligação que existe entre a observação do mundo exterior e a do mundo interior, e, finalmente, os processos para nos elevarmos, d'uma maneira rigorosa e logica, desde a contemplação do presentativo até á concepção do representativo, offerecendo, assim, base solida á realidade de todos os objectos do saber humano; presentemente, cumpre indicar ao leitor qual será o novo capitulo da logica que pelo professor deva ser presente ao alumno: ora, legitimadas as condições em que se realisa a nossa observação interior e exterior e dada como certa a existencia de todo esse vasto complexo de objectos, ácerca dos quaes é possivel ao nosso espirito organisar experiencias, será, é claro, das condições de legitimidade dos processos para realisar taes experiencias que devemos, agora, occupar-nos. Desde que venha á téla da consciencia essa multidão de idéas particulares que, ácerca dos objectos, lhe desperta a observa-

ção interior ou exterior, a energia do nosso espirito entra immediatamente em acção para realisar uma d'estas duas operações fundamentaes: sommar idéas particulares (§ 73 e seg.) de attributos, existentes nos objectos, em idéas geraes, isto é, operar uma «generalisação»; ou, então, sommar idéas particulares de relações entre os objectos em relações geraes, isto é, operar uma «inducção», da qual, como sabemos, derivará uma experiencia organisada. D'aqui, resulta, pois, que ao professor cumprirá apresentar ao alumno quaes as condições logicas em que devam realisar-se, para serem legitimas, estas duas importantes operações mentaes; e o complexo de taes leis virá a constituir a secção da logica a que denominam «inductiva».

Sem descer a especialidades ácerca das condições de legitimidade das duas operações que presentemente nos occupam, condições que podem facilmente colher-se nos mais modernos livros da especialidade, convem, comtudo, accentuar, ácerca da generalisação, que, apresentadas ao alumno as suas condições de legitimidade, deverão, em seguida, caracterisar-se os productos que d'ella derivam; ora, são elles certas categorias logicas ou idéas geraes que um ensino irracional e embrutecedor costuma actualmente incluir no aprendisado da grammatica correspondente á instrucção primaria, mas que só n'este logar comportam uma apresentação racional e pedagogica.

As idéas geraes a que nos referimos, são certas categorias genericas, entre as quaes, como mais importantes, podemos citar as seguintes:

1.ª As idéas geraes de «ser e substancia e essencia». No discurso, correspondem-lhes o que denominam «substantivos», noção esta que será dada, aqui, ao alumno, pela primeira vez;

2.ª As idéas geraes de «qualidades ou estados dos sêres». Corresponde-lhes o «adjectivo», noção esta que, como as seguintes, será apresentada, aqui, pela primeira vez;

3.° Idéas geraes de «qualidades ou estados ou acções». Corresponde-lhes o «verbo»;

4.° Idéas geraes de certas circumstancias, destinadas a

determinarem as idéas fundamentaes por meio das circumstancias de numero e espaço e certas qualidades ou estados. Correspondem-lhes, no discurso, os «nomes numeraes, pronomes, adverbios e proposições».

A noção de todas estas categorias logicas, mercê do alto desenvolvimento mental já adquirido pelo alumno, teem aqui logar proprio. Em relação a ellas, convirá, ainda, realisar-se a sua analyse logica, quer d'ellas em si, quer das palavras que lhes correspondem. Para isso, o alumno decomporá trechos escriptos até os pôr em evidencia, isto é, realisará, aqui, natural e facilmente, uma operação mental identica á que a irracional organisação d'um ensino estupido impõe, nas aulas de instrucção primaria, a essas pobres creanças a quem forçam a manejar extemporaneamente a grammatica e a effectuar a analyse logica do pensamento.

565.º Depois da operação que visa á construcção de idéas geraes, vem a que se propõe organisar, á custa de relações particulares, relações ou experiencias geraes, isto é, a inducção.

Pois que a inducção consiste na integração de relações particulares em relações geraes, antes de passar a integral-as convem, primeiramente, caracterisar em si a composição logica das relações particulares. Ora, para isso, far-se-ha sentir ao alumno que ellas consistem em «percepções affirmadas», que a percepção affirmada constitue um «juizo», que o juizo se exprime por uma «proposição»; d'ahi, a necessidade de apresentar ao alumno a composição d'uma proposição, a natureza dos termos componentes, as relações d'umas para com outras, etc. As proposições, em si, serão simples ou compostas, complexas ou incomplexas, etc.; as relações que podem existir entre ellas, poderão definir-se como hypotheticas ou disjunctivas ou causaes, etc. Como complemento, virá, n'este logar, a analyse de varios trechos, tendo por fim, quer caracterisar as articulações das proposições entre si, isto é, as «conjuncções», quer as proposições que se contéem no trecho analysado. Assim, a analyse anterior, que o era de simples categorias, fi-

cará completa com a analyse das proposições em que taes categorias entram como elementos componentes.

Caracterisadas assim as condições caracteristicas das proposições destinadas a exprimirem as relações particulares a integrar, seguir-se-ha indicar ao alumno as condições de legitimidade do proprio processo inductivo que hade sommal-as para se produzir uma lei geral. N'este ponto, convirá pôr bem patentes os erros a que podem conduzir-nos as inducções superficiaes, quer o sejam por incompleta determinação das relações particulares a integrar, quer pela insufficiencia do seu numero.

Como complemento final da logica inductiva, serão caracterisadas, no seu valor logico, as syntheses ou experiencias organisadas a que a inducção eleva o espirito humano, apresentando-as ao alumno como potentes e largas unificações do nosso saber ácerca do universo.

566.º Depois da logica inductiva, vem a logica deductiva. Esta occupa-se, como é sabido, d'essa importante operação — a deducção, a qual visa a integrar n'uma relação geral, precedentemente organisada, novas relações particulares. O valor das argumentações deductivas é principalmente verificativo; não póde, porém, negar-se que se transformam em instrumento de descoberta quando as nossas experiencias, organisadas por inducção, se applicam a casos novos que, assim, podem ser previstos na sua realisação futura. É mesmo até n'este poder de previsão, essencialmente ligado á operação deductiva, que consiste o criterio mais seguro para se julgar do gráu de consistencia organica que attingiu uma dada sciencia, pois que, na phrase d'um philosopho celebre — saber é prevêr.

Tratando, pois, o professor de apresentar ao alumno as condições de legitimidade que deve revestir a operação deductiva, será, n'este logar, que lhe indicará os differentes typos de argumentações deductivas, os quaes, como é sabido, podem reduzir-se á mais fundamental de todas — o syllogismo. N'um tempo em que os conhecimentos dos homens são mais vastos do que profundos, disciplinar o espirito ao alumno, obrigan-

do-o a subjeitar-se ao rigor da argumentação syllogistica, é do mais alto interesse educativo; se não fornece ao espirito novas e mais amplas experiencias organisadas, é, comtudo, um poderoso instrumento de verificação e de rigor systematico e, portanto, um elemento indispensavel em toda a instrucção, harmonica e integral. A logica deductiva, hoje desacreditada, pois que tal como no ensino actual a consideram é antes um complexo, esteril e secco, de regras mechanicamente impostas do que uma coordenação, natural e espontanea, de principios solidos e proficuos, entrando como elemento organico no logar que a nossa hierarchia pedagogica lhe assignala, passará a ser o verdadeiro e racional complemento d'essa longa adaptação deductiva que o alumno adquirira, até aqui, ao atravessar a extensa série de sciencias deductivas que constituem o nosso saber integral. Assim, n'uma concepção pedagogica bem equilibrada, todas as partes se coordenam, todos os elementos se completam, todas as noções se auxiliam.

567.° Disciplinada a intelligencia, segue-se considerar as condições de rigor logico a que deve satisfazer a *expressão* dos seus phenomenos; isto é, regulada no seu mechanismo interior, cumpre regulal-a na sua objectivação exterior. Na nossa opinião, é, com effeito, aqui, o logar proprio para apresentar ao alumno, clara e nitidamente, os principios mais fundamentaes da «grammatica» da sua propria lingua, dando-se-lhe, assim, rigor á expressão como já se lhe déra á elaboração do pensamento.

N'estas alturas da sua evolução educativa, está elle admiravelmente preparado para comprehender a contextura da sciencia grammatical: o seu espirito, está longamente disciplinado; o seu poder abstractivo, é agudo e perspicaz; os seus conhecimentos, solidos e bem equilibrados; as categorias logicas do pensamento, em si e nas suas combinações, bem conhecidas e precisas. A «grammatica» da lingua, esse terrivel leito de dôr, onde o impositivismo da actual pedagogia retrograda faz revolver as pobres creanças durante os mais formosos an-

nos da vida, deixará, assim, de ser uma tyrannia insupportavel, para se tornar um elemento pedagogico, racional e de valor.

Em harmonia, pois, com tão excellentes condições, para o alumno, do aprendisado grammatical, o professor passará a caracterisar os processos por via dos quaes as fórmas da lingua se modificam para exprimirem os substantivos e seus accidentes, os adjectivos, os verbos, em summa, todas as categorias fundamentaes de noções geraes que a logica ensinára a conhecer. Consideradas em si, sel-o-hão, depois, consideradas nas suas mutuas relações syntaxicas; assim, a morphologia e a syntaxe encontram, aqui, o seu verdadeiro logar pedagogico.

Como complemento ao estudo da grammatica da lingua, convirá, ainda, indicar como podem ser comparadas entre si as fórmas de linguas diversas; como d'essa comparação podem derivar certas identificações ou leis linguisticas; como as linguas — producto espontaneo da individualidade dos povos, se subjeitam, nas suas transformações, a essas leis; como, finalmente, as linguas devem ser consideradas á maneira de vastos aggregados estructuraes — subjeitos, portanto, como todos os aggregados, a longas transformações evolutivas.

A maneira mais racional para realisar, por parte do alumno, a acquisividade de tão importantes noções seria ministrar-lhe precisamente o conhecimento das linguas a comparar, a fim de realisar esse vasto grupo de noções que constitue a sciencia das linguas; para o conseguir seria, porém, necessario realisar o aprendisado de todas ellas, operação que, n'uma instrucção essencialmente geral, ficaria deslocada. O professor deverá, portanto, collocar o alumno na posição de muitos glotologos, os quaes, embora se elevem até á concepção de importantes leis glotologicas, baseadas sobre factos colhidos em linguas variadas, nem por isso as possuem e manejam. Pois que a elles basta colher, nos diccionarios e grammaticas, as fórmas e as leis das suas combinações, ao alumno bastará crear uma glotologia rudimentar, tomando para base leis e factos fornecidos pelo proprio professor; e, assim, poderá antevêr, embora muito sum-

mariamente, a constituição essencial d'uma sciencia que, apesar da sua notavel imperfeição fundamental, não deixa de ser interessante.

Como ultimo complemento da grammatica da lingua, a qual dá *correcção* á phrase, deverão ir as condições necessarias para que as palavras sejam *puras* e *proprias*, e *puras* as phrases. Desde que o discurso seja correcto e puro, contém em si os elementos essenciaes d'uma expressão rigorosa, applicavel não só ao que denominam «generos em prosa», mas até ao que denominam «generos poeticos»; e de estados de consciencia, logicamente derivados das nossas energias intellectuaes e expressos com correcção e pureza, resultarão productos mentaes, solidos, nitidos e bem definidos.

Tal é, nas suas linhas geraes, a composição d'essa importante sciencia, destinada a disciplinar a intelligencia humana, sciencia que, desacreditada em algumas das suas partes perante muitos espiritos, readquirirá fatalmente o seu antigo prestigio, se, mercê d'um espirito de racional systematisação, vier a occupar, na hierarchia do nosso saber fundamental, o logar que evidentemente lhe compete.

A ESTHETICA

568.º Receber do mundo objectivo uma impressão, sentir, sob a sua influencia, o despertar d'uma emoção do genero d'essas que denominamos «estheticas», crear na esphera subjectiva uma concepção emocionada de sublimidade ou de belleza, que virá, assim, a revelar-se-nos como o producto espontaneo das condições do meio exterior e da personalidade artistica que a elabora, traduzir, finalmente, essa concepção por meio do marmore ou da côr ou do som, tal é a série geral de estadios por onde passa a concepção artistica e a sua realisação exterior: se considerarmos o grupo de noções que nos occupam como tendo apenas por objecto as emoções «estheticas»—regu-

lar, d'uma maneira scientifica, essa longa série d'actos, tal é o objecto da «esthetica».

As indicações summarias que ácerca d'este ramo do saber humano apresentamos na nossa «Introducção geral» (§ 107 e seg.), dispensam-nos de entrar, aqui, em grandes desenvolvimentos; de passagem, apontemos, pois, só as condições geraes que, no ensino secundario, devem essencialmente caracterisar a apresentação pedagogica da esthetica.

569.° Primeiramente, toda a esthetica hade reduzir-se a um complexo geral de noções tendo por objecto os seguintes pontos de vista fundamentaes:

I Objectos que, no mundo exterior ou objectivo, provocam emoções estheticas, isto é:

a) Objectos bellos;

b) Objectos sublimes.

II Concepções estheticas subjectivas, considerando:

1.° Os factores da sua creação, e, portanto —

a) A personalidade do artista;

b) O meio objectivo.

2.° A producção da concepção esthetica, sob a influencia d'aquelles dous factores, e, portanto —

a) As suas condições interiores;

b) As suas condições exteriores.

3.° A traducção da concepção esthetica — objecto das bellas-artes.

Como é facil de vêr, o espirito do alumno terá de correr sobre estes tres grupos de elementos estheticos essenciaes: a acção do mundo objectivo sobre o artista; a acção, no seu interior, da concepção artistica subjectiva; a reacção do subjectivo sobre o objectivo, isto é, a exteriorisação da concepção subjectiva do artista por meio dos elementos objectivos de traducção.

Naturalmente, será n'esta ordem, como a mais pedagogica, que deverão ser apresentadas as noções que, n'aquelles capitulos fundamentaes, se agrupam.

Passando a caracterisar os pontos de vista a apresentar,

em cada um d'aquelles elementos, ao alumno, por o que respeita, primeiramente, aos objectos que, no mundo exterior, são capazes de provocar emoções estheticas só temos a reenviar o leitor para as indicações a tal respeito, summariamente apresentadas, na nossa «Introducção geral» (107 e seg.). Lá verá, com effeito, qual a distincção a estabelecer entre objectos bellos e sublimes, quaes as condições fundamentaes que hãode reunir para merecerem tal nome, como essas condições fundamentaes se desdobram n'outras parciaes, como estas se caracterisam e definem, etc., etc.

Depois dos objectos, bellos ou sublimes, considerados como causas exteriores ou objectivas de impressões estheticas, segue-se, pedagogicamente, apresentar ao alumno as concepções interiores ou subjectivas que de taes impressões derivam, indicando-lhe, quer os factores da sua creação, quer a propria concepção em si tanto nas suas condições interiores como nas suas condições exteriores. Será, n'este logar, que ao professor cumprirá mostrar ao alumno como um objecto exterior, capaz de provocar impressões ulteriores, vae realmente despertal-as quando incide n'uma consciencia artistica, isto é, n'um individuo capaz de consubstanciar em si essas predisposições individuaes e de nação e de escola, que constituem uma verdadeira «personalidade» de artista; e, assim, o «meio» que envia as impressões estheticas e a «personalidade» artistica que as recebe ser-lhe-hão indicados como os verdadeiros factores da obra d'arte.

Ao considerar-se a propria concepção esthetica em si, convem indicar, desde logo, a profunda differença que existe entre a concepção subjectiva e os elementos objectivos que a despertarem; e, assim, mostrar que, mesmo parallelas que sejam, o objecto exterior e a concepção interior serão duas associações de elementos não identicos, mas apenas *similares* (§ 112). Esta distincção é altamente importante, pois que, se não se fixar no espirito do alumno com sufficiente nitidez, a obra d'arte será para elle uma simples copia da natureza real e não uma concepção que, elaborada apenas á custa de elementos colhidos no

mundo real, se nos deverá apresentar como o producto esthetico d'uma sensibilidade delicada.

Uma vez estabelecida esta distincção, seguir-se-ha caracterisar, quer as condições internas, quer as condições externas, umas e outras destinadas a caracterisarem a concepção esthetica. As condições internas reduzem-se, como é sabido, a duas (109): dissimilaridades nos elementos que constituem o objecto bello; unificação d'esses elementos entre si por meio de similaridades que entre elles existam. Depois, estas condições desdobram-se, ainda, em novos elementos fundamentaes, que o professor não deixará de apresentar ao alumno.

Por o que respeita ás condições exteriores, ha a considerar: o ajustamento da concepção artistica com o fim, a harmonia d'essa concepção com as circumstancias do meio, e, finalmente, a sua adaptação ás condições dos individuos em que a obra d'arte bade actuar. Todas estas condições deverão ser analysadas nos seus pontos de vista fundamentaes.

Ácerca d'ellas encontrará o leitor, na «Introducção», algumas considerações que nos parecem essenciaes.

570.º Presentemente, passemos a considerar os processos geraes por via dos quaes se hãode objectivar, no exterior, as concepções estheticas, isto é, as bellas-artes.

Considerando-as no seu conjuncto geral, parece-nos, desde já, evidente o deverem ser offerecidas á consideração do alumno n'uma ordem tal que, começando pelas mais concretas, vá terminar nas mais abstractas. Assim, começará, primeiramente, pela architectura; depois, passará á esculptura; depois, á dança, que é uma esculptura em que as attitudes constantemente variam; depois, elevar-se-ha até á pintura, mais abstracta, incontestavelmente, do que as anteriores; em seguida, passará ao grupo das bellas-artes, em que as associações estheticas e as emoções concomitantes se traduzem por sons—começando, naturalmente, pela poesia, passando á musica vocal e terminando pela instrumental. Na série esthetica, assim estabelecida, avança-se, evidentemente, das bellas-artes, cujo instrumento de tra-

ducção é, por assim dizer, mais palpavel, até áquellas em que o é menos: assim, na esculptura, a relação entre o pensamento esthetico e a fórma que o traduz é, evidentemente, immediata e claramente perceptivel; na musica, pelo contrario, entre o conjuncto de sons produzidos por um dado instrumento e as emoções que elles significam ha, parece-nos, uma connexão muito menos directa, e tanto que para muitos espiritos passa despercebida.

Depois, a ordem pedagogica que acabamos de caracterisar como sendo, na apresentação das bellas-artes, verdadeiramente fundamental, parece-nos vir destruir um grave defeito pedagogico, essencialmente ligado á organisação do nosso ensino de litteratura, tal, por menos, como actualmente se ministra nos institutos docentes. N'elles, é, com effeito, costume apresentar aos alumnos varias indicações ácerca do bello, do sublime, das fórmas litterarias em que se traduz, etc., etc.; ora, pois que a linguagem poetica apenas se limita a *significar* ao alumno as concepções estheticas, e isto a fim de que a sua imaginação as conceba, e pois que, na pintura ou na esculptura, são, por assim dizer, palpaveis e concretas, claro é que a maneira como actualmente se ministra o ensino n'este ramo da esthetica é essencialmente defeituosa, visto impôr ao alumno a acquisividade do abstracto sem base real no concreto: na nossa opinião, as noções mais fundamentaes ácerca do bello e do sublime e das emoções estheticas e dos factores da obra d'arte, etc., etc., só poderão tornar-se nitidas e claras quando illuminadas por meio de frequentes exemplos, colhidos, é claro, nas bellas-artes que, por mais tangiveis, são muito mais concretas e accessiveis; assim, complexos de regras que, nas actuaes classes de litteratura, se reduzem apenas a uma simples imposição de preceitos que o alumno não comprehende, transformar-se-hão em observações luminosas quando radicadas n'essa base, concreta e palpavel, que ás applicações da linguagem poetica é dada pela linguagem, muito menos abstracta, da pintura ou da esculptura.

Feitas estas considerações geraes ácerca da ordem a seguir na apresentação das differentes bellas-artes, a primeira noção que, parece-nos, o professor deverá apresentar ao alumno ácerca de taes instrumentos de traducção esthetica, será a que tiver por objecto patentear a «connexão que realmente existe entre o modo de ser das nossas emoções estheticas e os elementos por meio dos quaes as exteriorisamos»; sem que o alumno tenha, d'uma maneira geral, a intuição clara da relação intima que existe entre os nossos sentimentos internos e os processos externos destinados á sua objectivação, mal lhe poderemos apresentar, como destinadas a occuparem-se de processos especiaes de traducção esthetica, as differentes bellas-artes. Naturalmente, começaremos por lhe dar uma indicação summaria ácerca dos differentes *elementos* de exteriorisação ao serviço das nossas emoções estheticas; e, assim, apresentar-lhe-hemos, como taes, as fórmas geometricas, os claros e escuros, as côres, os sons da voz humana, os sons dos diversos instrumentos, etc. Virá, em seguida, a indicação da *força expressiva* de todos esses elementos e, portanto, as suas relações com certos sentimentos humanos: e, assim, mostrar-se-lhe-ha como as linhas, sendo rectas, exprimem a uniformidade; angulosas, a força; curvas, a graciosidade; horisontaes, a solidez, etc.; como as côres ternas exprimem a suavidade; as vivas, a alegria e o prazer; como é que certas sequencias de sons articulados significam a immobilidade; outras, o fragor da tormenta; outras, o terror; outras, a calma e o silencio. Em summa, a apresentação, em geral, dos elementos de traducção esthetica offerece ao alumno a faculdade de os cotejar, e, portanto, o poder de estabelecer entre elles muitos pontos de contacto do mais alto valor elucidativo. E, posto isto, poderemos passar a considerar, em especial, cada uma das bellas-artes.

571.° Naturalmente, a primeira cousa a fazer ao tentarmos penetrar no dominio das differentes bellas-artes será, tomando para base, ou as noções adquiridas ácerca dos meios de traducção proprios de cada uma, ou os objectos — associações es-

theticas ou emoções que ellas se propõem traduzir, reduzil-as a grupos, isto é, classifical-as. Como a este respeito já indicamos o nosso modo de vêr (§ 114), nada mais diremos.

Passando, em seguida, a considerar de per si cada uma das bellas-artes, poderemos começar pela ARCHITECTURA.

Aqui, a associação esthetica é traduzida por ess'outra associação exterior de elementos que denominamos «edificio». N'elle, como em todos os processos de objectivação esthetica, ha a considerar, quer as condições interiores, quer as condições exteriores. Por o que respeita ás primeiras, convirá accentuar ao alumno: em geral, os materiaes de que o edificio é constituido, a disposição interior, a fórma do todo—indicando n'elle a accentuação da horisontalidade ou verticalidade ou obliquidade, o predominio dos plenos ou vasios, a estructura—que poderá ser variada, etc., etc.; em particular, as partes que, no edificio, mais concorrem para, atravez d'ellas, se traduzir um pensamento esthetico, e, então, haverá a considerar a columna, os arcos, as abobadas, etc., quer em si, quer na sua significação esthetica. Por o que respeita á columna, é indispensavel que o alumno lhe conheça as differentes partes, as relações de proporção que entre ellas existem, os varios typos de columnas, a significação esthetica de cada typo, etc.; no arco, haverá a caracterisar o pleno cimbrio, o arco abatido, o ogival, etc.; na abobada, a annullar, em ferradura, a abobada-mestra, etc. Todos estes elementos deverão ser presentes ao alumno por meio do processo ideographico, mostrando-lh'os, quer por meio de pinturas, quer mesmo por meio do cosmorama.

Conhecida a composição do edificio, quer em geral, quer nas partes mais salientes, isto é, os elementos internos, passará o professor a indicar as condições externas a que deve satisfazer: e, assim, caracterisará a necessidade que ha, para uma construcção architectonica, de se adaptar ao meio, isto é, ás condições geographicas e ao clima, etc.; caracterisará, por outro lado, a necessidade de se adaptar ao fim, condição essencial-

mente predominante quando a construcção architectonica é mais util do que esthetica.

Consideradas as condições interiores e exteriores do edificio, o professor passará a realisar, por assim dizer, uma synthese, reunindo-as nos typos mais fundamentaes de edificios que teem existido, acabando, assim, por caracterisar, quer os differentes estylos architectonicos, quer os povos em cujo seio se produziram. Assim, será occasião de pôr em relevo ess'outra condição, exterior e fundamental, em toda a obra d'arte—o ajustamento que constantemente se tem notado entre o modo de ser dos diversos typos de edificios e a «personalidade» dos povos que n'elles vão traduzir os seus sentimentos dominantes.

572.º Com a architectura e, no mesmo pé, vem a ESCULPTURA.

Propondo-se exprimir uma idéa por meio d'uma fórma plastica, e sendo, principalmente, uma tal fórma a figura humana, cumpre primeiro que tudo accentuar, clara e nitidamente, a connexão naturalmente existente entre as nossas emoções ou as associações interiores e as modificações que parallelamente se produzem na attitude ou no gesto ou na physionomia; d'uma tal connexão deriva, com effeito, a possibilidade de traduzirmos, na estatuaria, a vida interior por meio dos elementos exteriores que caracterisam a estatua.

Uma vez estabelecido este principio, cumpre passar a considerar, na estatua, as condições interiores e as exteriores.

Por o que respeita ás primeiras, a associação que a estatuaria se propõe, em geral, traduzir, ou é a idéa d'uma classe de individuos ou mesmo um individuo só: os gregos, dominados pelo espirito collectivista, traduziam, por exemplo, idéas geraes como a do homem forte ou a da mulher bella; nós tendemos, no momento actual, para o individualismo. Assim é, que o esculptor grego traduzia, nos olhos, grandes e rasgados, de Jupiter, a força e a virilidade; nos olhos, pequenos e encantadores, de Venus, a voluptuosidade e a graça.

Para traduzir estas idéas e varias emoções, a estatuaria

modéla o marmore, a madeira, o granito, etc.; ora, a ser assim, cumpre chamar a attenção do alumno para as modificações que o esculptor opéra em tal materia prima a fim de exprimir uma dada associação esthetica. N'este ponto, a estatuaria é pobre; só dispõe, como não podia deixar de ser, do gesto, da attitude, da physionomia, etc.: cumpre, portanto, fixar como é que, por meio de taes elementos, se podem exprimir as associações estheticas. Para isso, os exemplos esclarecidos por copias de bons modelos serão indispensaveis. Assim, a estatua d'Ovidio, prevendo o futuro, revela na mão, collocada em abobada sobre os olhos, o gesto expressivo de quem observa attenta e profundamente; uma fronte arqueada, é um traço physionomico que indica intelligencia; uma fronte prognathica, traduz animalidade; uma bocca larga, com beiços grossos, dá ares de sentimentos voluptuosos e grosseiros; com beiços delgados e cerrados, denuncia reserva e concentração; um pouco aberta e esboçando um sorriso, revela — como a de Venus de Praxiteles, uma suave doçura: por outro lado, os pés, o peito, o dorso, as mãos são igualmente elementos de expressão, sendo certo que nos pés, por exemplo, do Apollo de Velvedére, ha a traducção da ligeireza e da graça; pela attitude, finalmente, do satyro de Praxiteles denuncia-se uma vida feliz e uma fresca adolescencia; pela graça do movimento e serenidade de Venus, ao apparecer a Eneas, a magestade d'uma deusa.

Pelo lado das condições exteriores hade, é claro, na esthetica, haver esses ajustamentos entre ella e o fim ou o meio esthetico ou a personalidade do artista, ajustamento indispensavel em toda a obra d'arte.

Como na architectura, este ramo da esthetica terminará pela apresentação ao alumno de noções sobre as mais importantes escolas de esculptura, accentuando naturalmente como no Egypto é angulosa e rectilinea e desgraciosa, como na Grecia é collectivista e brilhante — elevando-se ao mais alto gráu de esplendor, como em Roma é individualista, na edade média pobre e mortificada, entre nós individual e expressiva.

573.° A DANÇA é uma como que esculptura, em que os gestos e as attitudes variam constantemente; é, pois, de boa ordem pedagogica indical-a após a estatuaria. Sob a influencia da emoção, o artista ou a traduz pelas fórmas que esculpe no marmore, ou, então, pelas modificações plasticas dos elementos do seu proprio corpo, isto é, da dança. Assim é, que ella será apresentada como um meio de, em certos casos, exprimir o bello: por meio d'ella, o selvagem exprime, com effeito, o seu enthusiasmo pela caça ou o ardor guerreiro pelas emprezas sangrentas; a mulher, as indolencias voluptuosas do amor. Havendo hoje perdido, em parte, a importancia, apenas indicamos aqui a dança como complemento pedagogico; passemos, por isso, desde já, a considerar um novo processo de expressão do bello, que immediatamente se lhe deve seguir.

E' a PINTURA.

A pintura é altamente expressiva, porque tem ao seu dispôr, a mais do que as anteriores bellas-artes, bom numero de elementos de traducção. Sob a influencia da raça, da escola e das predisposições da sua propria personalidade, o pintor associa, n'uma concepção esthetica, certo numero de elementos subjectivos e tràduz essa concepção, naturalmente emocionada, por meio dos elementos objectivos que põe ao seu dispôr a arte que nos occupa; ao tratar-se da pintura ha, pois, a apresentar ao alumno, quer os elementos a traduzir e maneira como se associam, quer o ajustamento que deve haver entre a associação pintural e as circumstancias de meio e fim, quer, finalmente, os elementos traductores que a arte põe á disposição do artista.

Como é sabido, a pintura tem por objectivo representar, n'uma superficie, as fórmas apparentes dos aggregados, mineraes ou vegetaes ou animaes, ou associações de todos elles ou alguns d'estes elementos; ora, em face d'isso, um dos pontos de vista para que, desde logo, convem chamar a attenção do alumno, será a «disposição» d'esses novos elementos que, associandose, hãode constituir a composição pintural. Em tal caso, ha a

considerar, quer os elementos variados que se associam, quer as relações de similaridade que os unificam e systematisam, isto é, as duas grandes condições interiores que caracterisam todo o objecto para ser bello. Entre as relações coordenadoras que n'uma composição pintural costumam avultar, póde citar-se a symetria—que predomina na infancia da arte, a redistribuição equilibrada das massas pinturaes, a opposição de grupos equivalentes. Por o que respeita aos elementos a coordenar, embora devam ser variados, uma certa uniformidade é, muitas vezes, indispensavel; tal é o caso em que, pelo predominio, no quadro, de linhas horisontaes, significamos a calma, a magestade, a solidez.

Depois das condições interiores, cumpre chamar a attenção do alumno para as condições de ajustamento em que toda a composição pintural deve estar para com o fim, para com o meio, para com a personalidade do artista que a traça, para com os grupos humanos que se destina a emocionar e dirigir.

Veem, depois, os elementos objectivos de traducção.

Na pintura, a «côr perspectivada» é o fundamental. Para que o alumno comprehenda, porém, o valor da côr como elemento de traducção pintural, convem accentuar-se o valor inherente á linha e ao claro-escuro. Convem mesmo caracterisar, clara e nitidamente, a physionomia que para um quadro deriva do predominio do desenho ou do claro-escuro ou da côr, pois que n'ella se baséa a differença caracteristica entre varias escolas de pintura. Na escola antiga, primeiro desenhava-se, depois illuminava-se, depois coloria-se; e, assim, trabalhavam Miguel Angelo, Raphael e Julio Romano; hoje, á similhança de muitos e illustres coloristas, rompe-se logo pelo colorido, elevando-se, d'esta maneira, a côr a elemento verdadeiramente essencial e quasi unico de traducção pintural.

O processo mais pedagogico para accentuar ao alumno o valor relativo de cada um d'aquelles elementos de traducção, será offerecer-lhe quadros que, pelo predominio d'esses ou d'outros, apresentem uma physionomia caracteristica. Então,

poderá vêr como, nas pinturas de David, o predominio do desenho conduz á frieza, menos expressiva, do baixo relêvo, facto este a que poderá servir de exemplo o quadro das «Sabinas»; como, nos quadros de Rembrandt, o claro-escuro traduz, d'uma maneira admiravel, o magestoso e o sublime, na palêta de Rubens uma magnificencia larga e esplendorosa, nas télas de Prud'hon uma doçura sombria e triste; como, finalmente, nos coloristas da escola veneziana as côres vivas exprimem a alegria d'uma sociedade rica e feliz, e no «Christo no Tumulo», do pintor Delacroix, traduzem a desolação e a amargura.

Depois de havermos accentuado o valor relativo da linha, do claro-escuro e da côr como elementos de traducção, cumpre ainda caracterisal-os, como taes, em si e com toda a precisão.

Em relação ás linhas, cumpre indicar, com effeito, como pelas suas posições podem significar varias idéas e emoções d'alma; em relação ao claro-escuro, convem caracterisar, clara e nitidamente, em que consista o «tom», a differença entre elle e a côr, a gradação dos valores—desde uma luz plenamente reflectida até á totalmente absorvida, a força expressiva que deriva da qualidade e quantidade e direcção da luz, pois que a expansão ou a alegria exigem, como em Veronese, um luminar abundante, e a tranquillidade ou a meditação — como no quadro «Os philosophos», de Rembrandt, uma luz parca e serena; em relação á côr, urge, finalmente, caracterisar as côres em geral, os seus valores, as relações em que estão entre si as côres complementares, o poder coordenador que lhes é inherente para envolverem todas as massas pinturaes do quadro, dando-lhes, assim, unidade e harmonia.

Para terminar, o professor indicará, ainda, os differentes «processos» de pintura, isto é, o processo a fresco, a oleo, a pastel, a aguarella, etc., etc. A esthetica da pintura terminará por uma resumida noticia ácerca das mais salientes escolas onde se accentuou este grande processo de traduzir o bello.

574.º Se a concepção esthetica passa a ser significada só

por esse conjuncto de sons que derivam da voz humana, teremos, como é sabido, a poesia e a musica vocal.

Antes de passarmos adeante, cumpre, desde já, caracterisar as differenças existentes entre estas diversas fórmas de expressão. Como é sabido, a palavra humana compõe-se de vozes e inflexões (45); ora, sendo as vozes diversamente timbradas, sobre esta porção de estofo sonoro que entra, como elemento, na composição da palavra humana, incidem as modificações de que derivam as differenças essenciaes entre a palavra musical, a palavra poetica e, finalmente, a palavra por via da qual se constitue a prosa. Com effeito, se a palavra se destina a exprimir esse conjuncto geral de concepções mentaes que constituem a sciencia propriamente dita ou o pensar da vida commum, as vozes, destinadas, como se sabe, a constituirem o nucleo fundamental da palavra fallada, apresentam-se-nos, no seu modo de ser natural, sem variações de timbre, sem augmento ou diminuição de intensidade, sem modificações na altura; se, porém, deixando de exprimir as concepções frias do pensar commum, passam a significar essas associações mentaes *emocionadas* que denominamos «estheticas», então, mercê da excitação nervosa que a propria emoção provoca, as vozes modificam-se no timbre, na altura ou na intensidade, e, como consequencia, ao *fallado* succede o *recitativo* poetico; se as modificações n'aquella ordem de elementos sonoros se accentuam ainda com maior energia, então o recitativo passa a ser *canto,* isto é, a linguagem poetica transforma-se em linguagem musical. Assim, o recitativo poetico é um modo de ser phonico, intermediario entre a linguagem fallada e a linguagem musical. No recitativo, como no canto, a intensidade das vozes sobe ou desce sob a influencia da emoção; o timbre, varia com a doçura do sentimento, com a violencia da colera, com o trémulo do terror; a altura, quando média é a traducção da indifferença, quando elevada é a da exaltação ou do mêdo ou do terror, quando profunda é a expressão da censura severa. E, assim, se distinguem estas tres fórmas de expressão — a prosaica e a poe-

tica e a musical, as quaes, indifferenciadas no começo da evolução, foram até se especificarem e distinguirem plenamente.

575.º Posto isto, occupemo-nos da POESIA.

Como anteriormente, o alumno hade, em relação á poesia, considerar as condições interiores da concepção poetica, as condições exteriores ou de ajustamento d'essa concepção ao fim e ao meio, etc.; e, finalmente, os processos de exteriorisação que o poeta põe em acção para a objectivar.

Considerando a concepção poetica nos seus elementos interiores, cumpre, desde logo, distinguir n'ella, clara e nitidamente, dous elementos fundamentaes: a concepção poetica em si, considerada como uma associação *intellectual* de idéas e de noções, e as *emoções* que uma tal concepção desperta. Esta distincção entre o intellectual e o emocional é tanto mais essencial quanto é certo que d'esse predominio d'um ou d'outro d'estes dous elementos derivarão, na poesia, dous generos de composições poeticas essencialmente caracteristicos e distinctos; e são: o genero narrativo, no qual predomina a concepção intellectual; o genero lyrico, em que predomina a emoção esthetica do poeta. No primeiro, o poeta narra uma acção, subordinando-lhe o seu proprio sentimento; no segundo, servindo a acção narrada apenas para indicar o motivo do sentimento, o poeta tenta principalmente exprimir as proprias emoções. Vê-se, pois, que, conforme um ou outro dos dous elementos predominar, assim nos apparecerão uma ou outra das duas fórmas fundamentaes de concepções poeticas.

Analysando mais a fundo a essencia d'esta ordem de composições, convem ainda indicar ao alumno quaes os elementos interiores que n'ellas concorrem, tendo por alvo os dous caracteristicos fundamentaes de toda a concepção esthetica, isto é, a dissimilaridade nos elementos que a constituem e a unificação de taes elementos por meio de relações de similaridade (108). Ora, entre as condições de que póde derivar n'uma concepção poetica a variedade interior, parece-nos deverem contar-se essas trocas ou substituições ou ampliações operadas em associações

poeticas e vulgarmente conhecidas pelo nome de «figuras de pensamento»; e, assim, teremos, por exemplo, a metaphora, que se produz quando um elemento da associação poetica é substituido por outro similar; a metonimia, em que os elementos substituidos são connexos; a synedoche, em que se substitue um elemento-causa a um elemento-effeito; a hyperbole, em que ha ampliação nos elementos da associação poetica; a personificação, em que á associação poetica, quando inanimada, se aggrega um novo elemento — a vida; e assim por deante.

Tudo isto são fórmas novas que, sob a influencia da emoção poetica, reveste a concepção fundamental e, portanto, verdadeiras condições de variedade esthetica.

Entre as condições interiores de unificação devem contar-se todas quantas concorrem, por exemplo, na epopéa, para a unidade de acção, para a uniformidade logica dos caracteres, para o espirito de consequencia nas acções dos personagens, etc., etc.

Se das condições interiores se passa ás condições exteriores, ha, como se sabe, a considerar os ajustamentos que devem existir entre a concepção poetica e o fim a que visa ou o meio em que é produzida ou a personalidade do poeta que a cria: pelo fim, recebe ella essa unidade de convergencia que deriva de todos os seus elementos tenderem a um alvo commum; pelo meio, trava-se, entre ella e o ambiente em que é creada, uma verdadeira connexão, de maneira que por um dos termos póde, até certo ponto, explicar-se a physionomia que revela o outro; pela personalidade do poeta reflecte em si as predisposições estheticas do artista, as tendencias da escola, os sentimentos predominantes da raça.

Depois das condições, interiores e exteriores, vem a exteriorisação da obra d'arte. Esta opéra-se, como se sabe, pela linguagem poetica, isto é, por meio d'essa linguagem que, a mais do que a da prosa, encerra em si modificações emocionadas incidindo em certos elementos da palavra ou da phrase.

A primeira noção a apresentar ao alumno é, pois, a dis-

tincção que existe entre a linguagem destinada á prosa e a linguagem destinada a exprimirmos concepções poeticas. Ora, como anteriormente vimos (442), para exprimir simplesmente essa ordem de noções que constituem o nosso saber vulgar ou scientifico, basta-nos uma linguagem que, tendo pureza e propriedade nas palavras, se nos apresente como pura e correcta nas phrases; para exprimir as concepções poeticas, além d'aquellas qualidades fundamentaes hade, é claro, reunir quantas derivarem d'essas modificações que, na contextura da phrase, se produzem sob a influencia da emoção. Como uma tal ordem de modificações incide, a final, nas vozes e como, por outro lado, se reduzem a variações nos timbres ou intensidades ou alturas d'essas vozes, segue-se que as qualidades caracteristicas que, a mais do que na prosaica, apparecem na phrase poetica, se reduzem a um simples attributo musical, isto é, a um augmento de *harmonia* na sua contextura. Uma tal qualidade, que na prosa é accidental, torna-se, na poesia, perfeitamente fundamental. A phrase poetica, embora harmonica, póde ser ou não versificada e, n'aquelle caso, rimada ou não rimada; uma tal fórma especial de harmonia não é, porém, essencial.

Além da harmonia na phrase, qualidade que deriva das modificações operadas, sob a influencia da emoção poetica, no seu estofo sonoro, outras qualidades revela, derivadas da mesma influencia emocional; e assim é, que os seus elementos constitutivos nos apparecem invertidos ou transpostos ou alterados na sua composição, modificações que, evidentemente, se opéram sob a influencia das agitações emocionadas d'uma sensibilidade delicada: sob todos estes pontos de vista hade apresentar-se ao alumno a expressão phonica das concepções poeticas. Depois de estudada a composição poetica em geral, quer nas condições interiores, quer nas condições exteriores, quer, finalmente, nos meios de exteriorisação, segue-se differenciar em grupos as differentes concepções poeticas, isto é, classifical-as. Ora, para o conseguir, deverá primeiramente caracterisar-se, clara e nitidamente, a differença existente entre

os generos em prosa e os generos poeticos, devendo considerar-se como generos poeticos «essas associações mentaes emocionadas que, significadas apenas por meio de palavras, teem o prazer como fim». A noção d'uma composição poetica, assim apresentada, estabelece, desde logo, uma separação fundamental entre as composições em prosa e as composições poeticas: as primeiras, pois que não encerram como elemento essencial a emoção, revelam, na composição interior e exterior, esse tom de uniformidade ou de placidez que é proprio da prosa e, além d'isso, visam principalmente a «instruir»; as segundas, pois que são emocionadas, revelam, por seu turno, esse tom de agitação, mental ou musical, que acima indicamos, e visam essencialmente, como tudo quanto é esthetico, a despertar o prazer pelo prazer. Ora, d'esta maneira, ficam desde logo excluidas do campo poetico todas essas composições que aspiram a dirigir as multidões por meio da instrucção, embora agradem, e não por meio do agrado, embora instruam; e, assim, as composições que, mesmo versificadas, visam principalmente a instruir os homens, serão prosa; pelo contrario, as que, embora instruindo, visam principalmente a movel-os pela influencia do prazer, serão, para nós, poeticas.

Pondo, portanto, de parte as composições em prosa, parece-nos que, como verdadeira transição entre os generos em prosa e as concepções poeticas, deverão considerar-se os «discursos», por menos em algumas das suas especies; a essencia d'uma composição oratoria, quando não é de simples apparato, parece-nos, com effeito, consistir n'esse poder de argumentação que tende a produzir uma convicção profunda, pois que, a não ser assim, haverá rethoricos, mas não oradores. Em volta d'uma argumentação cerrada, a emoção impõe, porém, ao orador a necessidade de, muitas vezes, aquecer o fundo da concepção oratoria com o calor que deriva de elementos puramente poeticos; taes são, entre outros, certas bellezas de linguagem, certas fórmas de conceber os pensamentos, etc., etc. Em summa, no fundo, a concepção oratoria visa, pelo rigor das razões, a ins-

truir e a convencer; como, porém, a emoção a póde animar com essa vida esthetica que é a essencia das concepções poeticas, o genero oratorio deve ser considerado como uma especie de transição entre os generos em prosa e os generos poeticos propriamente ditos.

Passando a considerar os generos poeticos, hãode elles differenciar-se naturalmente em dous grupos fundamentaes: o grupo d'aquelles em que predomina a associação de idéas destinada a constituir a concepção poetica, e o grupo d'aquelles em que predomina o elemento emocional. No primeiro caso, temos o genero narrativo, no qual se comprehende o romance; no segundo, temos o genero lyrico. É claro que não fallamos das composições dramaticas, as quaes para nós constituem um genero áparte.

Uma vez differenciados, o professor passará naturalmente a caracterisar, nos seus elementos componentes, os generos poeticos fundamentaes. Assim, na epopéa, mostrará como deve haver agrado, interesse e indirectamente instrucção, como os episodios devem ligar-se ao assumpto principal, como hade haver logica nos caracteres dos personagens, etc.; em seguida, caracterisará a differença existente entre a epopéa e o romance, isto é, entre essa ordem de composições narrativas—as épicas, em que o objecto é, em geral, as grandes luctas destructivas do passado e os personagens são homens pertencentes ás classes dirigentes ou privilegiadas e os motores das acções humanas as influencias mysteriosas dos deuses, e entre ess'outra ordem de composições narrativas—os romances, em que, mercê d'um progresso no humanismo social, ás batalhas se substituem as acções da vida pacifica entre os homens e aos motores divinos os motivos das acções humanas e á immortalidade dos heroes a accentuação de personagens existentes na vida burgueza e commum. D'esta maneira, filiará entre si estas duas fórmas, tão interessantes, da concepção poetica. No genero lyrico, serão indicados os caracteres geraes da composição lyrica, as especies d'esta ordem de composições, etc., etc.

576.° Depois da poesia, vem a MUSICA, primeiro a vocal e depois a instrumental. Como sabemos, o instrumento de expressão é para a musica vocal o mesmo que o é para a poesia: na musica vocal, a uma emoção mais intensa correspondem, porém, modificações mais profundas no estofo sonoro; na poesia, taes modificações são menos volumosas.

Na musica vocal, é, com effeito, certo que, por um lado, intensidade, timbre, altura nos sons laryngeos (45), direcção ascendente ou descendente que se revela nas differentes alturas sonoras, tudo concorre para exprimir a emoção do cantor; por outro, é igualmente certo que pela contextura da linguagem fallada vae o artista exprimindo a associação mental que deseja objectivar: assim, emoção e associação esthetica, isto é, os dous elementos fundamentaes que as bellas-artes são, em geral, chamadas a traduzir, encontram na musica vocal um instrumento de objectivação, vivo e rigoroso. Vê-se, com effeito, claramente que, se a emoção é, por exemplo, dolorosa, os sons laryngeos são intensos; se é alegre, serão agudos. Com as cambiantes da emoção, variam os intervallos entre os differentes numeros de vibrações, destinados a constituirem os sons que solta o nosso apparelho phonico, umas vezes approximando-nos das notas médias e outras affastando-nos: como tudo isto caracterisa o nosso proprio movimento emocional, emquanto uma sequencia de sons exprime a idéa do artista, uma sequencia de modificações parallelas, operadas n'esses sons, exprime as emoções que taes idéas despertam; o emocional objectiva-se a par do intellectual. Ora, todos estes pontos de vista devem ser presentes ao alumno, a fim de que elle possa caracterisar, com nitidez, qual o valor dos processos expressivos de que dispõe a musica vocal.

Quando o canto é acompanhado pela musica instrumental, a expressão das emoções póde então receber um novo realce.

Na musica instrumental, ha a considerar dous pontos de vista fundamentaes: o objecto esthetico que se exprime e o processo por via do qual se exprime. Por o que respeita ao objecto esthetico a exprimir, cumpre accentuar, clara e nitidamente,

ao alumno que se a esculptura ou a pintura ou a poesia ou mesmo a musica vocal possuiam um instrumento de expressão adaptado á objectivação, quer da parte intellectual, quer da parte emocional da concepção esthetica, isto é, se o instrumento de cada uma d'ellas era apto a exprimir simultaneamente—*uma associação de idéas*, que é de caracter intellectual, e a *emoção* por tal associação despertada, que é de caracter puramente emocional, a musica instrumental só tem o poder de exprimir o elemento «emocional» e, portanto, uma parte, apenas, do todo esthetico. Mercê d'um tal exclusivismo, a musica instrumental é, porém, d'um admiravel vigor expressivo para objectivar as nossas emoções estheticas quando isoladas e puras, devendo a musica considerar-se como a verdadeira linguagem do sentimento.

Passando do objecto que pretende exprimir-se aos meios de traducção proprios d'este instrumento de expressão esthetica, é evidente que, na série de sons que constituem o estofo expressivo da musica instrumental, ha dous elementos a considerar: o som e o rithmo. Os sons são, como sabemos, essas agglomerações de vibrações em numero differente, as quaes, fundindo-se, veem a constituir as sequencias de termos sonoros que formam as escalas musicaes; o rithmo, consiste n'essa disposição dada aos sons musicaes, mercê da qual, de distancia a distancia, as sequencias sonoras apparecem separadas por sensações de repouso ou suspensões. Os sons são, por assim dizer, as palavras da musica, palavras que o rithmo aggrega em phrases. Em sequencia, os sons produzem a melodia; em simultaneidade, a harmonia. Ora, todas estas noções serão nitidamente apresentadas ao alumno, a fim de que precise o que ha de fundamental n'esta interessante fórma de expressão do bello.

577.° Conforme as nossas conclusões anteriores (114), a ARTE DRAMATICA deverá ser apresentada ao alumno depois de todas as outras, visto que póde pôr em contribuição os elementos expressivos por ellas fornecidos. Em relação a ella, convirá, primeiramente, caracterisar a natureza das concepções estheticas

que se propõe objectivar. Ora, em tal caso, o seu objecto fundamental é objectivar *acções*, não narradas, mas *apresentadas pelos proprios agentes*, podendo pôr em contribuição todos os elementos expessivos de que se servem as outras bellas-artes. Para dar corpo a uma tal concepção esthetica, emprega, com effeito, todos ou parte dos elementos de que se servem as bellas-artes anteriores: pelo scenario, aproveita os elementos expressivos da pintura, da architectura, etc.; pelas attitudes e gestos, os da esculptura; pela palavra humana, os da poesia; quando commenta por meio da instrumentação as emoções que objectiva, os da musica; e assim por deante. Da variedade de combinações que é possivel operar entre todos estes elementos, da variedade que é possivel existir nas especies de acções que se destina a objectivar, derivam muitos grupos de composições dramaticas: e assim, umas vezes ha, na composição dramatica, como alvo despertar o sentimento do terror, outras o gracioso, aqui visa-se a pintar os costumes d'uma classe social, acolá de um individuo; por outro lado, umas vezes serve-se apenas da palavra fallada, outras da palavra e do canto, outras dos commentarios que póde trazer-lhe a musica instrumental, etc., etc. No meio de tantas combinações, convirá, pois, que o professor as caracterise e defina, apresentando-as ao alumno com toda a clareza e nitidez.

578.° Taes são os pontos de vista geraes para que convirá, ao tratar-se de esthetica, chamar a attenção do alumno. N'uma reorganisação, racional e systematica, do nosso ensino médio, os simples cursos de litteratura devem ser substituidos por uma coordenação pedagogica da esthetica, considerada nos seus elementos mais fundamentaes. Assim, o bello e o sublime serão caracterisados nos seus elementos interiores, os seus processos de exteriorisação serão classificados, os meios expressivos de que dispõe cada uma das bellas-artes serão bem cara-

cterisados e definidos. Das bellas-artes que poderemos olhar como mais concretas, passaremos ás mais abstractas; das mais empyricas, ás mais conceptuaes. Assim, a architectura e a esculptura e a pintura constituirão um primeiro grupo pedagogico; n'ellas, o bello e o sublime como que se palpam: na architectura, indirectamente, isto é, por uma especie de associação de idéas; na esculptura e pintura, directamente. Depois, veem as bellas-artes que se servem de som para significarem as concepções mentaes do artista ou as suas emoções: primeiro, a poesia, a qual póde exprimir todas as acções e todas as emoções, mercê da larga flexibilidade do seu instrumento de expressão; depois, a musica vocal, a qual, exprimindo as concepções intellectuaes do artista, exprime parallelamente—mas com maior intensidade, as emoções da poesia; em seguida, a musica instrumental, vaga e indefinida, e, portanto, apenas adaptada á expressão da emoção pura; por ultimo, a arte dramatica, vasta unificação de todas as outras, quando todas ellas concorrem em larga convergencia para exprimirem, n'uma resultante final, a concepção emocionada do artista.

Tal é a esthetica nas suas bases pedagogicas mais essenciaes.

A MORAL E O DIREITO NATURAL

579.° Aos estimulos, conscientes ou inconscientes, que se produzem no homem, succedem-se, naturalmente, reacções por elles provocadas. As sequencias, assim estabelecidas, são organisadas ou não organisadas (§ 56 e seg.): as sequencias organisadas teem em si a sua propria disciplina reguladora; as não organisadas, pois que podem convergir para este ou para aquelle fim, exigem lhes seja imposta uma disciplina orientadora. Entre os grupos de leis, destinadas a disciplinarem as nossas sequencias não organisadas, figuram as «leis moraes», isto é, esse grupo de principios que constituem os elementos reguladores, impostos ás nossas energias moraes pelas conquis-

tas constantes do progresso e da razão humana. De apresentar ao alumno um tal grupo de principios dirigentes das nossas acções, deverá, pois, occupar-se, n'este momento, o professor.

Naturalmente, a primeira noção a offerecer-lhe será a que tiver por fim definir em que consista o «bem moral», isto é, esse fim ultimo a que devam adaptar-se as acções moraes, e que, assim, virá a figurar entre os seus motivos determinantes. Conforme o modo de pensar e sentir da humanidade nas diversas phases que tem atravessado a civilisação, assim tem variado a noção que os homens teem concebido, tendo por objecto a natureza do bem moral; uma idéa geral das differentes opiniões ácerca d'este interessante objecto deverá, portanto, occupar as attenções do professor, terminando por apresentar a noção que lhe parecer mais em harmonia com a corrente scientifica do seu tempo. Para nós, é claro, o bem moral consiste, como anteriormente fizemos sentir, «na realisação, até onde seja possivel, d'uma vida completa e perfeita» (§ 124) — principio outr'ora antevisto por Aristoteles e que, embora variado na fórma, deve considerar-se commum a todas as escolas naturalistas. As indicações que, a este respeito, démos anteriormente (§ 121 e seg.) dispensam-nos, aqui, de novos desenvolvimentos.

Depois da noção do bem moral, vem a reducção dos deveres moraes a grupos bem definidos, reducção que será naturalmente orientada segundo as bases fundamentaes em que fôr assente a associação do bem moral. Os livros da especialidade trazem indicações, bem claras e nitidas, ácerca d'um tal objecto; o leitor póde, pois, ir lá orientar-se convenientemente.

580.° O exercicio dos deveres moraes, dada a natureza especifica de muitos d'elles, hade realisar-se no seio da vida social; portanto, suppõem a existencia de certas e determinadas *relações de coexistencia*, quer interiormente entre os membros que compõem a sociedade, quer exteriormente de sociedade para sociedade. Pois que todo o homem nos apparece como um sêr que consubstancia em si a sua propria personalidade, personalidade que se alarga até abranger a propriedade de cada um,

vivendo em sociedade todos elles hãode coexistir de maneira que as suas individualidades, equilibrando-se n'uma lucta constante de egoismos, possam harmonisar-se e coexistir; d'ahi, a existencia d'esses modos de ser sociaes, d'essas maneiras de coexistir que tendem a coordenar, n'um todo coherente e estavel, os individuos que compõem os aggregados sociaes.

São estes modos de existir que, nos periodos mais atrasados da vida social, se nos apresentam como simples «costumes» e, mais tarde, pelo progresso das collectividades humanas, vão até se formularem em principios abstractos impostos por um legislador, isto é, em «leis juridicas». Em summa, considerando o homem em relação com os outros homens, dous objectos de sciencia ha a considerar: por um lado, as condições geraes em que se constituem e progridem as proprias associações de que os homens fazem parte, isto é, as sociedades humanas, objecto de que se occupará a sociologia; por outro, as relações particulares de coexistencia que se produzem entre os individuos d'um mesmo grupo social ou de grupo para grupo, relações de que depende a sua cohesão ou estabilidade e que constituem o objecto do «direito civil».

Caracterisados, assim, d'uma maneira geral, estes dous objectos fundamentaes, para se definir o logar que, na nossa concepção pedagogica, corresponde ás relações juridicas, é indispensavel, ainda, consideral-as sob dous pontos de vista fundamentaes: por um lado, na sua estructura essencial; por outro, nas transformações por que passaram atravez dos tempos. Ora, consideradas em si, são ellas, primeiramente, uma *condição essencial* para a realisação dos deveres moraes, pois que, constituindo a base da harmonia que deve existir entre todos os egoismos humanos, sem ellas seria impossivel para cada homem a realisação d'essa plenitude vital que constitue o supremo bem n'este mundo. E, assim, na sua fórma mais abstracta, constituem um elemento complementar dos principios disciplinares destinados a dirigirem as nossas acções moraes.

Olhadas pelo lado da sua estructura interior, em todas as relações juridicas ha os seguintes pontos de vista a considerar:

a) As unidades ou termos de taes relações;

b) Os objectos ácerca dos quaes ellas se estabelecem;

c) As relações em si.

Como complemento, deverá ainda attender-se aos processos de que as sociedades se servem para lhes sustentar a integridade, quer sejam preventivos, quer repressivos, e estes — civis ou criminaes.

Como unidades, hãode, é claro, considerar-se: os individuos isolados e os individuos aggregados em grupos — naturaes (familias) ou artificiaes (associações particulares). Todas estas unidades, para serem termos de relações juridicas, serão, é claro, «pessoas juridicas», isto é, reunirão em si certos attributos que o progresso da civilisação lhes houver conferido.

O objecto a que as relações juridicas se referem, constitue «o direito objectivo» dos individuos ou grupos de individuos, entre quem taes relações se estabelecem; direitos inherentes ao proprio possuidor, como o são, por exemplo, as proprias faculdades, ou direitos objectivados nas cousas, como o são, por exemplo, as propriedades moveis ou immoveis.

Consideradas em si, as relações juridicas devem ser verdadeiras condições de coexistencia social. Expressas nos costumes dos povos ou em preceitos organisados, serão, a final, a traducção variavel dos modos geraes e necessarios sob os quaes os membros das sociedades humanas foram coexistindo, nas differentes phases da sua existencia social: e, assim, n'uma dada epocha da vida d'um povo, as suas relações juridicas de coexistencia — objecto do seu direito privado, serão as manifestações exteriores d'esse modo essencial de coexistir, que é proprio dos membros componentes d'um tal povo; n'uma outra, havendo variado o modo fundamental como os associados coexistem, variarão igualmente as leis juridicas que o traduzem; e, assim, successivamente.

Deixando, portanto, de considerar as relações juridicas,

quer nas suas relações com a moral, quer na sua propria composição estructural, cumpre analysal-as sob o ponto de vista da sua evolução e transformações.

581.ª Nas sociedades primitivas, os homens aggregam-se espontaneamente entre si, a fim de cooperarem na destruição dos inimigos ou competidores, tendo, portanto, em vista, como objectivo predominante, uma verdadeira cooperação productiva; ora, a ser assim, o esforço individual de cada homem nada vale perante o esforço, muito mais potente e efficaz, da collectividade, vindo, por isso, a fundir-se o individualismo de cada um no conjuncto do collectivismo geral. N'uma tal situação social, pois que o individuo vale pouco perante o poder do grupo que vale tudo, dado o tom geral de violencia e impositivismo destructivo que a distingue, uma subordinação oppressiva dos mais fortes sobre os mais fracos se estabelece, as condições das pessoas são desiguaes, os objectos de direito são repartidos com a desigualdade que nasce d'um verdadeiro estado de degradação e de violencia, as relações juridicas entre os individuos ou grupos de individuos tendem, finalmente, a revestir um caracter de privilegio, de oppressão e de tyrannia tal que, ou se traduzam nos costumes dos povos, ou em mandatos derivados da vontade d'um despota, ou em preceitos provenientes da vontade da propria collectividade, são sempre a fórma exterior d'esse modo de existir social em que os membros da sociedade coexistem pela força e pela dura pressão exercida pelos fortes sobre os fracos.

A partir d'este estado, o progresso na evolução das relações juridicas consiste essencialmente em se *humanisarem* por tal fórma, que a capacidades juridicas, variadas e derivadas do direito da força, succedam capacidades juridicas baseadas nos direitos que para os membros da sociedade lhes adveem do facto de serem *homens*; que a uma redistribuição de objectos do direito, baseada na violencia e na degradação, se substitua uma redistribuição derivada da equidade e da razão; que a relações juridicas destinadas a traduzirem o privilegio e a tyrannia dos

fortes se succedam, finalmente, fórmulas juridicas, destinadas a serem a fórma exterior em que se objectivarão os elevados principios da humanidade e da justiça.

Este grande progresso na verdadeira concepção ácerca do caracter das relações juridicas accentua-se principalmente com a decadencia do systema catholico-feudal, isto é, com a progressiva dissolução do antigo systema social, offensivo e destructivo. Se até ahi as fórmulas do direito privado eram uma traducção das desigualdades tyrannicas que derivam do espirito de violencia e de conquista, passaram posteriormente a ser, pouco e pouco, a expressão mais e mais perfeita de principios mais humanos, mais doces e, portanto, mais equitativos e justos.

É a Hugo Grocio que pertence, n'esta phase da historia dos povos europeus, a gloria de organisar n'uma concepção abstracta o modo de sentir espontaneo em que a humanidade, desprendendo-se das cadeias em que a illaqueava o antigo regimen dos privilegios, aspira a um estado mais humano e perfeito. Durante o desmoronar confuso dos antigos costumes feudaes, dos velhos habitos de guerra e de conquista, de regulamentos ecclesiasticos desacreditados, Grocio proclama o principio de que o valor das relações juridicas se funda *na natureza sociavel do homem*, que a moral é independente do direito, que as regras do direito — assim constituidas, se applicam a *todos* os povos e individuos, que ha, portanto, certas relações juridicas, *naturaes* e communs a todos os membros da humanidade, e isto independentemente das condições particulares em que os individuos se encontrem: assim, a humanisação das relações juridicas entre os homens ou grupos de homens fica constituida. Os gregos e romanos só haviam visto o cidadão: os povos modernos verão, no direito, o homem.

Os principios, tão nobremente proclamados por H. Grocio, foram-se, pouco e pouco, aperfeiçoando, mercê dos progressos constantes da razão humana, foram-se condensando á superficie das relações civis de cujo seio haviam derivado, até que, coor-

denando-se em toda a sua abstracção e pureza, vieram a constituir um corpo de doutrinas, independente e autonomo, isto é, essa fracção do saber humano que, hoje, denominamos «direito natural». Ora, é este complexo de doutrinas que, mercê das explicações que acabamos de dar, nos parece dever, com a moral, constituir um conjuncto de leis disciplinares das nossas energias moraes, vindo, assim, a pertencer á parte da anthropologia que, presentemente, nos occupa. O direito natural, de facil comprehensão em si, só póde ser, com effeito, plenamente avaliado na sua verdadeira significação quando, conforme acabamos de fazer, se considera como o ultimo resultado espontaneo d'uma larga série de transformações operadas nas relações juridicas — transformações em que elle nos apparece sob a fórma d'uma abstracção humanisada do antigo modo de ser, concreto e oppressivo, da vida social. Devendo, porém, a sociologia occupar-se d'essas transformações operadas nas relações juridicas, devendo taes transformações tender a erguel-as até esse estado de perfeição em que serão, tanto quanto possivel, uma traducção, effectiva e concreta, da concepção, theorica e abstracta, do direito natural, claro é que o alumno só poderá comprehender nitidamente o tom geral de oppressão e privilegio que, nas phases successivas da historia da humanidade, lhe offerecem as relações juridicas, quando as fôr comparando ao apparecerem-lhe com a concepção, abstracta e humana e pura, que se lhe offerece no direito natural. Então, pela concepção prévia do abstracto — de facil acquisividade, mercê do desenvolvimento mental a que se elevou, poderá subir até á comprehensão do concreto; pela clara concepção de relações mais humanas e justas, poderá penetrar na essencia d'esse espirito de humanisação progressiva que caracterisa a evolução das fórmulas juridicas desde que, rudes e tyrannicas e privilegiadas, se foram elevando até se tornarem a expressão, racional e justa, do direito contemporaneo: em summa, pois que é proprio da instrucção secundaria o avançar, em geral, do abstracto para o concreto, o direito natural — que é o abstracto, virá, assim, a

preceder as transformações sociologicas do direito civil—que é o concreto.

Dadas estas explicações ácerca, quer do logar que na nossa hierarchia pedagogica occupa o direito natural, quer da sua importancia, passemos a dar uma idéa geral da sua apresentação pedagogica.

582.° N'este ponto, pouco temos realmente a dizer. Naturalmente, na apresentação pedagogica do direito natural tudo se reduz a considerar:

a) Os *termos* das relações juridicas naturaes com o caracter que a civilisação lhes creou;

b) As *relações juridicas* de coexistencia social entre esses termos, quer por o que respeita ás fórmas que tomam, quer ao seu objecto;

c) As *garantias* destinadas pela sociedade a fazel-as respeitar.

Por o que respeita aos termos, são elles, quer os *homens* isolados, quer aggregados em collectividades: em qualquer dos casos, ha, n'elles, a considerar esse elemento fundamental de capacidade juridica natural, ao qual denominam «personalidade humana», elemento que, como sabemos, se desdobra, quer na «igualdade» essencial de todo o homem perante a lei, quer na «liberdade» de possuir, de produzir, de distribuir, de dirigir, de pensar, de se associar, etc.

Por o que respeita ás relações juridicas em si ha a considerar, quer o principio fundamental de que são a traducção exterior—principio que varia com as transformações da civilisação (§ 125), quer as proprias relações em si, considerando-as representando essencialmente «certas associações transitorias entre duas ou mais unidades juridicas e dizendo respeito a um dado objecto de direito». Se n'uma tal associação transitoria só algumas unidades são oneradas e as outras não, então as relações juridicas tomam a fórma de—doações ou mutuos ou commodatos, etc.; se, pelo contrario, todas as unidades são

oneradas, tomarão a fórma de — trocas com todas as condições adjunctas em que devem operar-se.

Por o que respeita, finalmente, ás garantias por via das quaes as sociedades humanas consolidam os effeitos de taes relações juridicas entre os homens, haverá a considerar, quer as que, pelo progresso da viação ou derramamento da instrucção, etc., visam a *prevenir* as offensas juridicas, quer essas outras que visam a *reprimir* a actividade destructiva dos offensores, devendo, n'estas ultimas, separar-se, das que reprimem uma offensa quando realisada «sem intenção» criminosa as que a reprimem quando haja tal intenção, isto é, das *civis* as *criminaes*.

Taes são os pontos de vista fundamentaes que cumpre considerar no ensino do direito natural.

583.º Somos, finalmente, chegados ao termo d'este longo capitulo, destinado a occupar-se da anthropologia nas suas differentes secções.

Dando ao seu objecto uma larga e ampla latitude, consideramos, com effeito, n'elle, o homem isolado sob os pontos de vista que nos pareceram mais fundamentaes. Considerando-o em si, analysamol-o como um sêr que, mercê de certas qualidades caracteristicas que para elle derivam principalmente da alta integração do encephalo, se separa nitidamente do grupo dos mammiferos, que immediatamente se lhe subordina; em seguida, apresentamol-o ao alumno sob dous aspectos essenciaes — estatico e dynamico, quer considerando-o na plenitude do seu desenvolvimento, quer em evolução; tendo notado, ao contemplal-o sob o aspecto dynamico — aspecto que, dada a nossa concepção anthropologica, se confunde com o aspecto psychologico, haver no homem certas sequencias entre acções e reacções — umas já organisadas e outras não, passamos a indicar, em relação ás segundas, os diversos conjunctos de principios discipli-

nares destinados a regulal-as, e, d'esta maneira, occupamo-nos rapidamente da hygiene como disciplina das nossas energias physiologicas, da logica como disciplina da intelligencia, da esthetica como disciplina do sentimento, da moral e do direito como disciplina da vontade: em summa, apresentamos ao leitor, em toda esta série de noções, uma resumida indicação ácerca de toda a anthropologia, considerada sob os seus aspectos essenciaes.

Presentemente, o nosso alumno está pedagogicamente preparado para penetrar no largo ambito d'essa grande sciencia — a sociologia, em que todas as noções anteriores como que parecem fundir-se n'uma ampla e vasta synthese. Avançando, assim, na esphera objectiva do abstracto para o concreto e na esphera subjectiva do geral para o particular, penetraremos, emfim, nos dilatados dominios d'essa complicada sciencia, onde as energias humanas nos apparecerão em ebulição poderosa, onde as nossas concepções scientificas surgirão como um producto do longo labutar dos homens, onde as nossas creações artisticas pairarão como uma condensação delicada que se evolve do proprio sentir, mystico ou sensual, da humanidade, onde as nossas fórmulas juridicas mais racionaes e humanas se erguerão perante o pensador como a depuração, humana e doce, da violenta dureza dos costumes primitivos, onde, finalmente, o progresso da humanidade se expandirá como uma vasta synthese de transformações operadas em todas as espheras da actividade social.

Tal será, com effeito, a sociologia, em cujo campo vamos entrar.

FIM DO TOMO TERCEIRO

INDICE

PARTE III

Educação intellectual

LIVRO III

A INSTRUCÇÃO SECUNDARIA

SECÇÃO II

APPLICAÇÃO ESPECIAL DO ABSTRACTO AO CONCRETO

SUBSECÇÃO I

MOVIMENTOS IDEAES E SUAS RELAÇÕES DE SUCCESSÃO

SUBSECÇÃO II

MOVIMENTOS DE MASSAS REAES E SUAS RELAÇÕES DE SUCCESSÃO

SUBSECÇÃO III

DYNAMICA MOLECULAR

SECÇÃO III

AGGREGADOS INORGANICOS, ORGANICOS E ORGANISADOS

ERRATA

PAG.	LINHAS	ERROS	EMENDAS
6	31	como elementos componentes aspectos	como elementos componentes os aspectos
16	25 e 28	aereolar	areolar
»	26	movimento elliptico convirá	movimento elliptico, suppondo a primeira verdadeira, convirá
18	26	sector	vector
44	16	em relação ao eixo do x x	em relação a x
»	29	$V = \frac{-e\Sigma q}{r}$	$V = -e\Sigma\frac{q}{r}$
45	1	dissociada	diffusa
»	4	$V = \frac{-e\int dq}{r}$	$V = -e\int\frac{dq}{r}$
48	25	o movimento do ponto	o movimento *curvilineo* do ponto
71	32	Regnoult	Regnault
76	13	a Terra no centro	o Sol no centro
»	»	imagine o Sol	imagine a Terra
77	5	epyciculos	epicyclos
110	33	pelo centro	pelo astro
113	20 e 35	periphelio	perihelio
125	34	para centro	para o centro
132	25	$dp = \varphi\int(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$	$dp = \varphi(X\,dx + Y\,dy + Z\,dz)$
133	30	$dp = \varphi\int Z\,dz$	$p = \varphi\int Z\,dz$

PAG.	LINHAS	ERROS	EMENDAS
207	33	ora produzindo	ora produzirão
258	15	temperatura e fusão	temperatura e pressão
259	34	actos	factos
260	19	indivisiveis e intangiveis e com	indivisiveis e com
264	18	mesma temperatura	mesma temperatura e pressão
265	7	os pesos moleculares; para isso	as densidades; por isso
»	9	por uma constante que é	por uma constante duplicada que é
»	15	bastaria pesar	bastaria, no corpo simples, pesar
266	13	quantidades em peso contidas	quantidades, em peso, d'esse corpo, contidas
271	35	negativo	positivo
291	18	*ella coexistirá em condições*	*ella coexistirá com outra, em condições*
296	30	novo	nosso
299	35	flourite	fluorite
355	10	acção	secção
342	30	assymetria	asymetria
358	30	elementos	alimentos
371	12	pivotante	fusiforme
»	16	dichtomico	dichotomico
373	7 e 33	dyalise	dialyse
376	1	assexua	asexua